Хрестоматия радиолюбителя



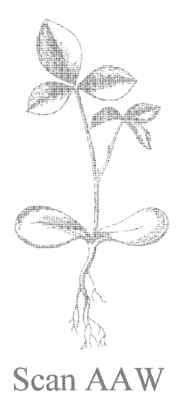
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

ХРЕСТОМАТИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

СОСТАВИТЕЛИ

В. А. Бурлянд
И. П. Жеребцов

ВЫПУСК
440





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1963 ЛЕНИНГРАД

Книга представляет собой пособие для радиокружков и радиолюбителей, в котором собраны материалы применительно к программе радиокружка по изучению и постройке ламповых радиоприемников.

В ней приведены описания ряда радиолюбительских приемников, подобраны статьи по методике конструирования и налаживания радиоприемников, обнаружения и устранения в них неисправностей.

Заключительные главы посвящены ультракоротким волнам, телевидению и обзору достижений радиоэлектроники.

В третьем издании значительно обновлены материалы по электронным лампам, полупроводниковым приборам, источникам питания, описаны новые современные конструкции ламповых и транзисторных радиоприемников.

Введены новые статьи: «Распространение радиоволн» и «Цветное телевидение».

6Ф2 Хрестоматия радиолюбителя Изд. 3-е, переработ. и доп. М.—Л., Госэнерго-
Х 91 издат, 1963.
292 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 440).

6Ф2

Редактор *Тарасов Ф. И.* Техн. редактор *Фридкин Л. М.*

Подписано к печати 24/XII 1962 г.

Т-14353 Бумага 84×108¹/₁₆ 29,52 печ. л.+3 цветн. вклейки 0,75 бум. листа Уч.-изд. л. 37,2

Тираж 100 000 экз. (2-й з-д 20 001—50 000 экз.) Цена 2 р. 04 к. Зак. 2737

Типография Госэнергоиздата, Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Советские люди с величайшим воодушевлением встретили решения исторического XXII съезда родной партии: они горячо и единодушно одобряют принятую съездом новую Программу КПСС.

В Программе партии, принятой XXII съездом, отводится значительное место автоматизации, которая будет осуществляться со все большим переходом к цехам- и предприятиям-автоматам.

Среди наиболее важных задач в области науки Программа КПСС предусматривает интенсивное развитие радиоэлектроники, разработку творческих основ и техническое совершенствование вычислительных, управляющих и информационных машин.

Мы вступаем в завершающий этап великой культурной революции. На этом этапе обеспечивается создание всех необходимых идеологических и культурных условий для победы коммунизма.

В арсенале мощных средств коммунистического воспитания и культурной революции возрастает роль радиовещания и телевидения.

Будут обеспечены, говорится в Программе партии, завершение радиофикации страны, строительство телевизионных центров, охватывающих все промышленные и сельскохозяйственные районы.

Уже к концу семилетки в стране будет действовать более 160 телецентров и телевизионных станций, несколько сот ретрансляторов, а число телевизоров увеличится примерно до 15 млн.

На 30 млн. точек расширится приемная радиосеть. Всему этому невиданному размаху радиофикации, телевидения и интенсивному внедрению радиоэлектроники в народное хозяйство будет сопутствовать дальнейший рост радиолюбительства.

Советское радиолюбительство — большая сила, помогающая прогрессу отечественной радиотехники, развитию радиофикации, внедрению электронной автоматики в производство и массовой подготовке кадров радиоспециалистов.

Забота о радиолюбителях находит свое выражение в том месте Программы КПСС, где говорится об организации широкой сети общедоступных научных и технических лабораторий для работы в них всех, имеющих стремление и способности.

Всем, имеющим стремление и способности, открывается еще более широкая дорога к научному и техническому творчеству. И кому, как не радиолюбителям экспериментировать и творить в этих лабораториях будущего рука об руку с представителями других отраслей научно-технической самодеятельности масс.

Ведь вся история развития советского радиолюбительства — это история исканий, экспериментов и замечательных находок. Недаром радиолюбительство называют народной радиолабораторией.

Здесь уместно вспомнить слова выдающегося ученого, организатора и историка науки академика С. И. Вавилова, написанные им для журнала «Радио»:

«Ни в одной области человеческих знаний не было такой массовой общественно-технической самодеятельности, охватывающей людей самых различных возрастов и профессий, как в радиотехнике. Радиолюбительство— это могучее движение, которое привело к участию в радиоэкспериментах тысячи энтузиастов, посвящающих свой досуг технике. Советское радиолюбительство носило и носит в себе идею служения своей Родине, ее техническому процветанию и культурному развитию».

Коллективный характер советского радиолюбительского движения выражается в беспрерывном росте количества радиокружков и самодеятельных радиоклубов ДОСААФ.

Программы радиокружков, разработанные для первичных организаций ДОСААФ и для

внешкольной работы, охватывают довольно большой круг вопросов, в которых изучение теории радиотехники сочетается с практикой конструирования и налаживания радиоаппаратуры. Занятия в радиокружке начинаются с весьма важной темы, посвященной истории и значению радио и радиолюбительства, а заканчиваются обзором достижений радиоэлектроники.

Все это усложняет подбор литературы для занятий в радиокружках. Между тем в нашей популярной радиотехнической литературе можно найти немало материалов, необходимых начинающим радиолюбителям. Соответствующий подбор и систематизация этих материалов в одной книге могут быть весьма полезными не только для радиолюбителей, но и для руководителей радиокружков.

Эти соображения привели нас к составлению Хрестоматии радиолюбителя, содержание которой в основном соответствует последовательности изложения материала в программе радиокружка.

Предыдущие два издания Хрестоматии быстро разошлись, получили широкое признание среди радиолюбителей и были переведены на украинский, болгарский и китайский языки.

Третье издание книги значительно переработано и дополнено новыми материалами.

Переработан и заново написан ряд статей общего характера. Даны описания более современных конструкций радиоприемников и УКВ аппаратуры, приведены новые материалы об изготовлении малогабаритных и миниатюрных катушек с цилиндрическими, броневыми и ферритовыми сердечниками.

Введен ряд новых статей («Цветное телевидение», «Стереозвук», «Распространение радиоволн», «Новый соперник электронной лампы» и др.). Заново написана четвертая глава и полностью обновлен материал в восьмой главе.

Заключительная глава составлена заново. В ней на основе осмотра экспонатов Выставки достижений народного хозяйства дан обзор успехов советской радиопромышленности.

Материал для Хрестоматии в основном подбирался из статей, помещавшихся в журнале «Радио», отдельных глав и выдержек из книг и брошюр Массовой радиобиблиотеки и других популярных изданий по радиотехнике.

Подбирая материалы, мы старались, чтобы изложение было доступным для начинающих радиолюбителей.

Но некоторые статьи рассчитаны на руководителей радиокружков и более подготовленных радиолюбителей, желающих углубить свои знания. С этой же целью в конце каждой главы прилагается список книг и статей, вышедших в свет в последние 2—3 года. Библиография составлена в хронологической последовательности.

Считаем необходимым предупредить читателей, что в продаже этих книг и брошюр давно уже нет и рассчитывать на ознакомление с ними можно только через библиотеки, за исключением некоторых книг издания 1961 г.

Предлагая вниманию читателей третье, переработанное издание Хрестоматии радиолюбителя, составители и редакция с признательностью примут отзывы, пожелания и замечания по этой книге, которые просим присылать по адресу: Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10, Госэнергоиздат, редакция Массовой радиобиблиотеки.

Составители.



СОДЕРЖАНИЕ



Глава первая

ИСТОРИЯ И ЗНАЧЕНИЕ РАДИО

АЛЕКСАНДР СТЕПАНОВИЧ ПОПОВ[1]

В Москве, на Ленинских горах, на широкой площади парка, разбитого у подножия величественного здания Московского государственного университета имени Ломоносова, есть аллея знаменитых русских ученых, олицетворяющих славу отечественной науки.

У выхода из аллеи к университету, с правой стороны, помещен бюст Александра Степановича Попова, гениального изобретателя радио. Он как бы прислушивается к песне, льющейся из мощного громкоговорителя, установленного над барельефом, венчающим вход в здание университета.

В это же время миллионы громкоговорителей по всей необъятной нашей стране поют ту же песню, которая раздается здесь, на Ленинских горах. Ее слушают в колхозных клубах и в транссибирских экспрессах, в матросских кубриках черноморских кораблей и в санаториях на Рижском взморье.

На полярных станциях начался дневной радиообмен. Передают сводки погоды. «Эфир» наполнен голосами дикторов, музыкой пением, дробью быстродействующих телеграфных аппаратов.

У экранов телевизиров сотни тысяч «болельщиков» смотрят футбольный матч.

День советского радио в разгаре.

И всему этому широчайшему развитию радио положил начало человек, у бюста которого остановились сейчас экскурсанты.

Экскурсовод уже успел сообщить им, что А. С. Попов родился 16 марта 1859 г. в семье священника пос. Турьинские рудники Верхотурского уезда Пермской губ. на Урале (ныне Краснотурьинск Свердловской обл.) и ему было 36 лет, когда он изобрел радио.

Перед нами возникает яркий образ ученого-патриота, работавшего, не покладая рук, для счастья своего народа.



Бюст А. С. Попова у здания Московского университета

[1] По разным источникам,

С детских лет будущий изобретатель радио проявлял интерес к технике. Любимым его занятием была постройка разного рода двигателей, приводимых в движение с помощью текущей воды. У него была также склонность к ремеслам. А. С. Попов с юных лет научился плотничьему и столярному делу. Трудовые навыки, полученные в детстве и юности, помогали впоследствии ученому во всех его опытах.

Свое образование А. С. Попов начал в Долматовском духовном училище, расположенном в 700 *км* от родительского дома; затем он переехал в Екатеринбург (ныне Свердловск), где жила его старшая сестра, и продолжал учение в местном духовном училище.

С 1873 г. он учился в Пермской духовной семинарии, где все свободное время занимался самообразованием в области физики и математики, потому что в семинарской программе этим предметам отводилось второстепенное место. В 1877 г., окончив семинарию, А. С. Попов поступил на математическое отделение физико-математического факультета Петербургского университета, сыгравшего решающую роль в формировании его научных взглядов и выборе направления работы.

Физико-математический факультет Петербургского университета без преувеличения можно назвать колыбелью отечественной электротехники.

В те годы электротехника была отделом физики, а специальное электротехническое образование только начинало вводиться. Передовые электротехники вышли из числа физиков, самостоятельно изучавших применение электричества в лабораториях, на практике и по литературе.

В университетские годы А. С. Попова на физико-математическом факультете работали такие блестящие представители русской науки, как П. Л. Чебышев, А. М. Бутлеров, Д. И. Менделеев. Кафедрой физики ведал Ф. Ф. Петрушевский, отлично поставивший практические занятия в лабораториях. Ф. Ф. Петрушевский и его ученики И. И. Боргман и О. Д. Хвольсон были первыми преподавателями курса электротехники, называвшегося тогда «Электричество и магнетизм».

Изучая в университете теоретические вопросы электротехники, А. С. Попов занимается и ее практическим применением. Он работает электромонтером на одной из первых электрических станций Петербурга, занимается проводкой электрического освещения на Невском проспекте, в 1880 г. работает объяснителем (экскурсоводом) на первой электротехнической выставке.



Александр Степанович Попов.

В 1882 г., защитив диссертацию на тему «О принципах магнито- и динамо-электрических машин постоянного тока», А. С. Попов окончил университет и был оставлен при кафедре физики для подготовки к профессорской деятельности.

Но через год после окончания университета А. С. Попов покинул его, приняв предложение Морского ведомства перейти на преподавательскую работу в Кронштадтскую минную школу.

Минная школа и Минный офицерский класс, составлявшие единое целое, были первым электротехническим учебным заведением в России. Здесь имелись лаборатории, значительно превосходившие университетские. В Минной школе работали многие выдающиеся русские электротехники, велась большая научно-исследовательская работа по электричеству и магнетизму, а физический кабинет школы по праву считался лучшим в России.

Вот почему молодой ученый предпочел скромную работу ассистента в Минном офицерском классе занятиям в университете. Его привлекла возможность серьезно заняться электротехникой.

Деятельность А. С. Попова, предшествовавшая открытию радио, — это неутомимые исследования в области электричества, магнетизма и электромагнитных волн. Они позволили А. С. Попову поставить на службу человечеству электромагнитные волны, создать аппаратуру, пригодную для эксплуатации, и осуществить первую в мире радиопередачу.

В Кронштадте ученый прожил 18 лет. С этим периодом его жизни связаны все основные изобретения и работы по оснащению русского флота радиосвязью.

Своим изобретением А. С. Попов подвел итог работы большого числа ученых ряда стран мира. Еще в середине XVIII в. гениальный русский ученый-энциклопедист Михаил Васильевич Ломоносов, утверждая, что свет распространяется колебательным движением подобно волнам, положил начало ряду блестящих исследований и открытий, доказавших родство двух явлений природы: световых и электрических.

Исключительно важные исследования великого английского физика Майкла Фарадея (1791—1867), создателя учения об электромагнитном поле, его выдающегося соотечественника Джемса Максвелла (1831—1879) и знаменитого немецкого физика Генриха Герца (1857—1894) привели к полному перевороту в представлениях об электрических явлениях. Электромагнитная теория света Максвелла, исследования Герца, доказавшего существование электромагнитных волн, послужили прочным научным фундаментом для напряженной работы А. С. Попова.

Ближе всего к изобретению радио подходили француз Э. Бранли, хорват Н. Тесла, англичане О. Лодж и Дж. Флеминг, индиец Дж. Ч. Бос (Бозе), итальянец А. Риги, немец К. Браун.



Генрих Герц.

Но только русскому ученому А. С. Попову удалось после настойчивых трудов перейти от теоретических изысканий к построению практически действующего прибора.

Еще в 1889 г. А. С. Попов пришел к выводу, что электромагнитные волны можно использовать для беспроволочной связи, и эту мысль он высказал в своих докладах.

7 мая 1895 г. на заседаниях Русского физико-химического общества А. С. Попов выступил с докладом и демонстрацией созданного им первого в мире радиоприемника.

Свое сообщение Попов закончил следующими словами: «В заключение могу выразить надежду, что мой прибор при дальнейшем усовершенствовании его может быть применен к передаче сигналов на расстояние при помощи быстрых электрических колебаний, как только будет найден источник таких колебаний, обладающий достаточной энергией».

Этот день вошел в историю мировой науки и техники как день рождения радио.

Первая публикация об этом событии появилась в газете «Кронштадтский вестник» всего на пятый день после исторического доклада А. С. Попова — в № 51 от 30 апреля (12 мая нов. ст.) 1895 г., где сказано:

«Уважаемый преподаватель А. С. Попов, делая опыты с порошком, комбинировал особый переносный прибор, отвечающий на электрические колебания обыкновенным электрическим звонком и чувствительный к герцевским волнам на открытом воздухе на расстоянии до 30 сажен.

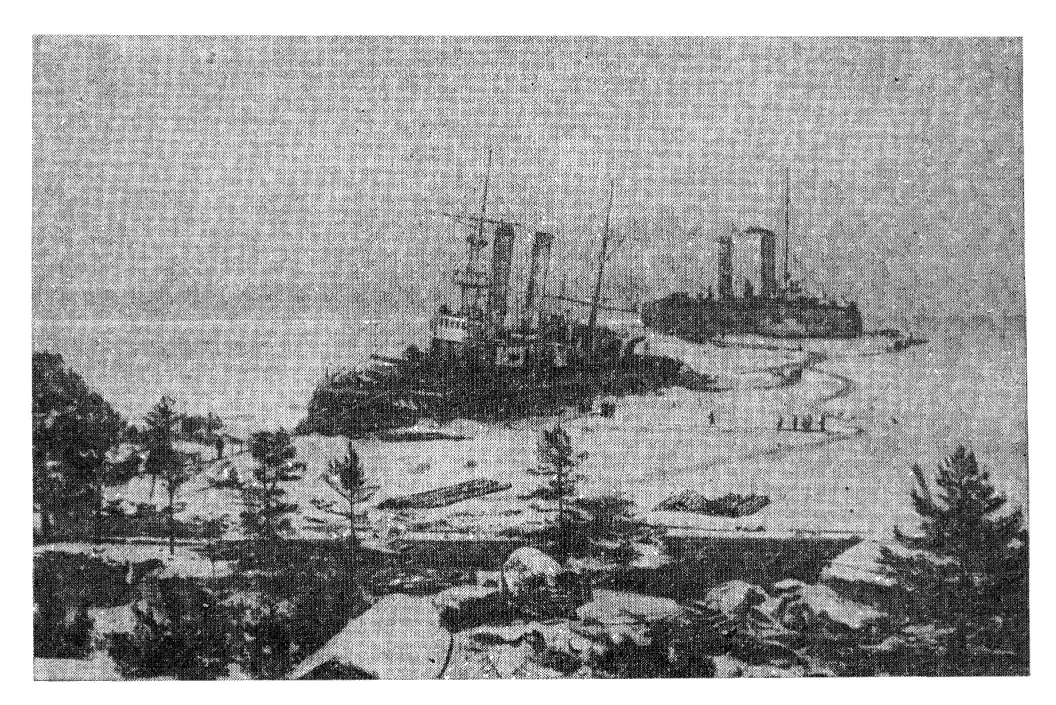
Об этих опытах А. С. Поповым в прошлый вторник было сделано сообщение в физическом отделении Русского физико-химического общества и было встречено с большим интересом и сочувствием.

Поводом ко всем этим опытам служит теоретическая возможность сигнализации на расстоянии без проводников, наподобие оптического телеграфа, но при помощи электрических лучей».

Через 2 года во время опытов по радиосвязи летом 1897 г. ученый, совместно со своим помощником П. Н. Рыбкиным, установил связь между учебными кораблями «Европа» и «Африка» и берегом на расстоянии 5 *км*.

Тогда же было обнаружено, что электромагнитные волны отражаются от кораблей. А. С. Попов сделал вывод о возможности практического использования этого явления, изложив отправные идеи, положенные теперь в основу радионавигации и радиолокации.

Весной 1899 г. П. Н. Рыбкин и капитан Д. С. Троицкий во время опытов по радиосвязи на Транзундском рейде обнаружили воз-



Броненосец „Генерал-адмирал Апраксин“ на камнях у Гогланда и ледокол „Ермак“.

можность приема радиосигналов на слух при помощи телефонной трубки. В связи с этим открытием А. С. Попов разработал первый в мире радиоприемник с телефонной трубкой, который не требовал телеграфного аппарата для записи принятых сообщений на ленту.

Этот приемник демонстрировался в 1900 г. на Международной парижской выставке. Изобретателю была присуждена золотая медаль. Осенью 1899 г. А. С. Попов провел испытания радиостанций на трех броненосцах Черноморского флота и достиг дальности связи свыше 20 *км*. Во время этих опытов впервые для радиостанций были применены позывные.

Но подлинным триумфом радиосвязи была знаменитая Гогландская эпопея. В первые дни XX в. А. С. Попов осуществил радиосвязь на расстоянии свыше 40 *км* между о. Гогланд и о. Кутсало, недалеко от г. Котка в Финляндии. Эта первая в мире практическая линия беспроволочной связи обслуживала спасательную экспедицию по снятию с камней броненосца «Генерал-адмирал Апраксин», севшего на камни у южного берега о. Гогланд.

6 февраля 1900 г. А. С. Попов передал из Котки на о. Гогланд первую радиограмму. Она содержала приказание ледоколу «Ермак» выйти для помощи рыбакам, унесенным на льдине в море. Ледокол выполнил приказ, и рыбаки были спасены.

Последующей своей регулярной работой беспроволочный телеграф на линии Гогланд—Котка доказал преимущества радиосвязи. Успешное ее применение послужило толчком к «введению беспроволочного телеграфа на боевых судах как основного средства связи», о чем гласил соответствующий приказ по Морскому министерству.

Радио, начавшее свою практическую историю спасением людей, унесенных в море, стало новым прогрессивным видом связи XX в. Началась радиофикация русского военно-морского флота, в которой участвовал и сам изобретатель радио. Этой работы он не оставил и после назначения его профессором физики Петербургского электротехнического института (сентябрь 1901 г.).

К лету 1901 г. А. С. Попов сконструировал новые, так называемые резонаторные радиостанции по сложной схеме, отличавшиеся точной настройкой, и осенью испытал их во время перехода Черноморской эскадры из Севастополя в Новороссийск, осуществив двустороннюю радиосвязь на расстоянии 150 *км*. Этой же осенью он создал первую линию радиосвязи для нужд речного судоходства в Ростове-на-Дону между портом и плавучим маяком в дельте Дона.

Следует отметить, что первая линия радиосвязи в России, предназначенная для общественных целей, была осуществлена в 1902 г. через Днепр между Херсоном и Голой пристанью на расстоянии 20 *км*. Обе радиостанции были приемно-передающими и заменяли

телеграфную линию между этими двумя пунктами. Столбовую линию здесь нужно было бы проводить в обход на протяжении 150 *км*. На нее нужно было бы затратить не менее 30 000 руб. Строительство радиостанций обошлось в 6 раз дешевле. Создание беспроволочного телеграфа для гражданской радиосвязи через Днепр в то время еще раз доказало преимущество изобретения А. С. Попова.

В разгар революционных событий, в октябре 1905 г., А. С. Попов стал первым выборным директором Электротехнического института в Петербурге. Борьба А. С. Попова с правительственными репрессиями против студенчества окончательно подорвала его и без того слабое здоровье. После тяжелого объяснения с министром внутренних дел А. С. Попов скоропостижно скончался 13 января 1906 г. (31 декабря 1905 г.) от кровоизлияния в мозг, в возрасте 46 лет.

А. С. Попов не только изобрел первый в мире радиоприемник и осуществил первую в мире радиопередачу, но и обосновал главнейшие принципы радиопередачи. Он открыл и разработал идею многократного усиления, применил приемную антенну и заземление, создал новую научно-техническую дисциплину — радиоизмерения.

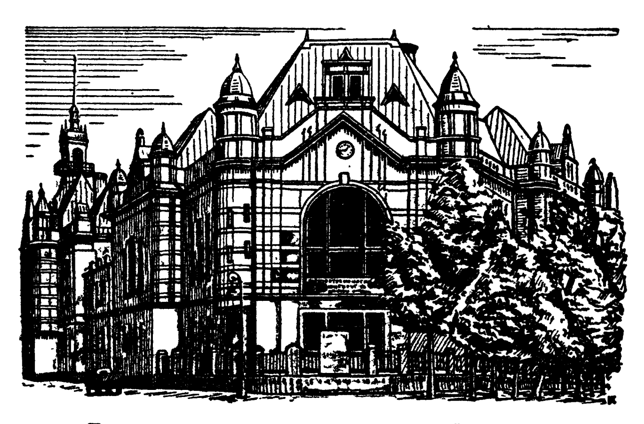
А. С. Попов осуществил первую в мире практическую линию радиосвязи на море, создал первые походные армейские радиостанции и успешно провел работы, доказавшие возможность применения радио в сухопутных войсках, в артиллерии и для воздухоплавания.

Созданием Кронштадтских мастерских по изготовлению приборов для телеграфирования без проводов А. С. Попов положил начало отечественной радиопромышленности.

Благодаря А. С. Попову впервые в России (1902 г.) началось преподавание радиотехники в высшем учебном заведении. Литографированное издание его лекций по телеграфированию без проводов, прочитанных в Электротехническом институте, было одним из первых учебных пособий по радиотехнике.

В последние годы жизни Александра Степановича занимала проблема радиотелефонирования. Он руководил опытами молодого физика С. Я. Лифшица по радиотелеграфированию с помощью искрового передатчика. В феврале 1904 г. А. С. Попов выступил на III Всероссийском электротехническом съезде с докладом «О новейших успехах телеграфирования и телефонирования без проводов», сопровождавшимся демонстрацией радиотелефонной передачи.

Ученый предсказал возможность соединения линии радиосвязи с проводными линиями



Ленинградский электротехнический институт имени В. И. Ульянова (Ленина), в котором с 1901 по 1906 г. работал А. С. Попов.

и установку на таких линиях трансляций, что бы обеспечить передачу сигналов на большие расстояния. Поэтому он считал весьма важным осуществление телефонной трансляции. По указанию А. С. Попова разработку этой проблемы вел его ученик В. И. Коваленков (впоследствии член-корреспондент Академии наук СССР), как известно, успешно разрешивший эту сложную задачу.

Таким образом, великий изобретатель радиотелеграфа внес большой вклад и в дело развития радиотелефонии.

Ученый-патриот Александр Степанович Попов был и общественным деятелем. Он придавал большое значение научно-технической общественности. По его инициативе в 1893 г. в Кронштадте было создано отделение Русского технического общества, в руководстве которым ученый принимал участие в течение ряда лет.

За день до смерти А. С. Попов должен был по уставу стать председателем физического отделения Русского физико-химического общества, на заседаниях которого не раз были заслушаны исторические доклады, связанные с изобретением радио. Избранием А. С. Попова товарищем председателя общества в 1904 г. (с переходом на следующий год председателем в соответствии с уставом) русские ученые подчеркнули выдающиеся заслуги гениального изобретателя перед отечественной наукой и как бы подвели итоги большой работы А. С. Попова по пропаганде научных и технических знаний. Она началась еще в 1886 г. лекциями о новейших достижениях электротехники, которые А. С. Попов читал в Кронштадтском собрании, и продолжалась до последних дней жизни ученого. На своих публичных лекциях он выступил как замечательный популяризатор, сочетая глубокое из-



Открытие памятника А. С. Попову на Кировском проспекте в Ленинграде 22 марта 1958 г.

ложение предмета с исключительно блестящими демонстрациями приборов, многие из которых делал сам.

«Надо не только рассказывать о явлениях природы, но и показывать эти явления так, чтобы они запомнились на всю жизнь», — говорил Александр Степанович.

После 1895 г. эта деятельность была посвящена популяризации беспроволочного телеграфа.

Великий изобретатель радио сам являлся первым пропагандистом радиотехнических знаний. Видя общенародное значение своего изобретения, А. С. Попов стремился как можно шире популяризовать достижения в области радиосвязи. Он читал публичные лекции с демонстрацией телеграфа без проводов, используя для этого аудитории учебных заведений и трибуны различных съездов. Три последние свои лекции о беспроволочном телеграфе А. С. Попов прочел на съезде учителей народных школ (август 1905 г.). Популярность А. С. Попова росла. Этому способствовали и первые описания самодельных приборов для устройства беспроволочного телеграфа. Так, например, уже в 1898 г. в «Журнале новейших открытий и изобретений» была опубликована статья «Домашнее устройство опытов телеграфирования без проводов» [1], в которой описывались самодельные радиоприемник и радиопередатчик. Эти приборы позволили проводить опыты радиотелеграфирования на расстоянии до 25 *м*.

Велик жизненный путь Александра Степановича Попова, хотя и коротка была его жизнь.

Искровой телеграф, созданный его гением, был тем началом, из которого на протяжении всех последующих лет родились современнные радиовещание, телевидение, радиофототелеграфия, радиотелемеханика, радионавигация и радиолокация.

Советский народ по достоинству оценил заслуги гениального изобретателя и ученого-патриота перед Родиной.

В 1945 г. в нашей стране широко праздновалось 50-летию со дня изобретения радио. Юбилей отмечался 7 мая — в день, когда 50 лет назад А. С. Попов впервые публично демонстрировал свое изобретение.

В связи с этим Советское правительство установило 7 мая ежегодное празднование Дня радио.

В марте 1960 г. советский народ широко отметил столетие со дня рождения А. С. Попова.

16 марта в Москве во Дворце спорта состоялось торжественное собрание. Во вступительном слове президент Академии наук СССР. акад. А. Н. Несмеянов охарактеризовал историческое значение научного подвига А. С. Попова. С докладом «А. С. Попов, радиоэлектроника и прогресс» выступил председатель Оргкомитета по проведению празднования 100-летия со дня рождения великого русского ученого-изобретателя радио акад. А. И. Берг. На торжестве присутствовала дочь А. С. Попова — Е. А. Попова-Кьяндская.

В Политехническом музее в Москве была открыта большая юбилейная выставка.

По всей стране состоялись торжественные заседания и многолюдные собрания трудящихся, посвященные этой знаменательной дате, юбилейные научные сессии и научно-технические конференции.

В Москве состоялась юбилейная Всесоюзная научная конференция, посвященная развитию радиоэлектроники.

В Ленинграде на Кировском проспекте 22 марта был торжественно открыт памятник

[1] № 38, стр. 598—600.

А. С. Попову. Скульптор В. Боголюбов изобразил ученого в полный рост; он опирается на стол, на котором стоит созданнный им первый в мире радиоприемник.

В знак глубочайшего уважения к заслугам А. С. Попова перед русской наукой в памятных местах, связанных с его жизнью и деятельностью, были открыты мемориальные доски.

Имя А. С. Попова присвоено Куйбышевской радиовещательной станции и Научно-исследовательскому институту радиовещательного приема и акустики.

Был выпущен новый документальный фильм «Повесть о русском изобретателе».

Министерство связи СССР выпустило специальные почтовые марки и конверты, посвященные юбилею изобретателя радио.

Во многих местах были организованы выставки промышленной радиоаппаратуры и радиолюбительского творчества.

В ознаменование юбилейной даты ЦК добровольного общества содействия армии, авиации и флоту СССР (ДОСААФ) провел ряд всесоюзных соревнований коротковолновиков и ультракоротковолновиков и международные радиотелеграфные соревнования на кубок имени А. С. Попова.

Утвержден специальный диплом имени А. С. Попова за установление в течение 1959 г. радиосвязей со 100 любительскими станциями СССР, ставший теперь постоянным.

В ознаменование 100-летия со дня рождения изобретателя радио были выпущены памятная настольная бронзовая медаль и нагрудный значок. Этой медалью и нагрудным значком награждена большая группа ученых инженеров, техников, новаторов производства и радиолюбителей за заслуги в развитии и практическом применении радиотехники, радиоэлектроники и электросвязи.

ДЕНЬ РАДИО[1]

День радио — это праздник социалистической науки и культуры, смотр наших достижений в развитии радиовещания, телевидения и радиофикации, радиотехники и радиолюбительства. В этот день советский народ чествует патриотов социалистической Родины, внедряющих радио в жизнь, смело прокладывающих новые пути в науке, отдающих все свои силы и знания строительству коммунистического общества.

Ко Дню радио приурочиваются научные сессии Всесоюзного научно-технического общества радиотехники и электросвязи имени А. С. Попова, проводимые совместно с Всесоюзным советом по радиофизике и радиотехнике Академии наук СССР и другими организациями. На этих сессиях, собирающих ведущих ученых и инженеров, подводятся итоги года, обсуждаются актуальные технические проблемы и сосредоточивается внимание на нерешенных вопросах. Радиолюбительская общественность страны отмечает День радио многочисленными выставками радиолюбительского творчества, различными соревнованиями и вечерами.

«День радио» был установлен Советским правительством в постановлении от 2 мая 1945 г.

В постановлении правительства «Об ознаменовании 50-летия со дня изобретения радио А. С. Поповым говорилось: *«Учитывая важнейшую роль радио в культурной и политической жизни населения и для обороны страны, в целях популяризации достижений отечественной науки и техники в области радио и поощрения радиолюбительства среди широких слоев населения, установить 7 мая ежегодный День радио.*

В установлении Дня радио отражается признание государственной важности радио как замечательного средства связи и могучего орудия коммунистического воспитания трудящихся. Установление Дня радио — это еще одно свидетельство огромного внимания и заботы партии и правительства о процветании нашей отечественной науки, о дальнейшем прогрессе советской радиотехники.



Золотая медаль имени А. С. Попова.

[1] По разным источникам.



Значок „Почетный радист".

Этим же постановлением учреждались золотая медаль имени А. С. Попова и значок «Почетный радист».

Золотая медаль имени А. С. Попова присуждалась ежегодно (а теперь 1 раз в 3 года) в 1 экз. советским и зарубежным ученым за выдающиеся научные работы и изобретения в области радио.

За истекшие годы золотая медаль имени А. С. Попова присуждена: члену-корреспонденту АН СССР (Академии наук СССР) Валентину Петровичу Вологдину (за 1947 г.), академику Борису Алексеевичу Введенскому (1948 г.), члену-корреспонеденту АН СССР Александру Львовичу Минцу (1949 г.), академику Акселю Ивановичу Бергу (1950 г.), академику Михаилу Александровичу Леонтовичу (1951 г.), члену-корреспонденту АН СССР Александру Александровичу Пистолькорсу (1955 г.), а также доктору физико-математических наук Сергею Михайловичу Рытову и английскому ученому доктору Льюису Эссену, сотруднику Национальной физической лаборатории, по представлению Королевского общества (Английской академии наук) (1959 г.).

Значок «Почетный радист» учрежден для награждения лиц, способствовавших развитию радио своими достижениями в области науки, техники, производства и эксплуатации средств радио и организации радиовещания.

ОТ ПОПОВА ДО НАШИХ ДНЕЙ[1]

Выдающийся популяризатор и пропагандист радиотехнических знаний проф. В. К. Лебединский писал через 20 лет после смерти А. С. Попова: «Высоким и непоколебимым памятником незабвенному изобретателю является тот богатый всход, который дали брошенные им семена. Целая плеяда талантливых людей продолжает в нашей стране его дело».

Уже в 1907 г. ученики А. С. Попова добиваются согласия Морского ведомства на перевод созданных А. С. Поповым Кронштадтских мастерских в Петербург, и в 1910 г. здесь начинает работать «Радиотелеграфное депо» — первый русский радиозавод, сыгравший большую роль в борьбе за освобождение России от иностранной зависимости в области радио.

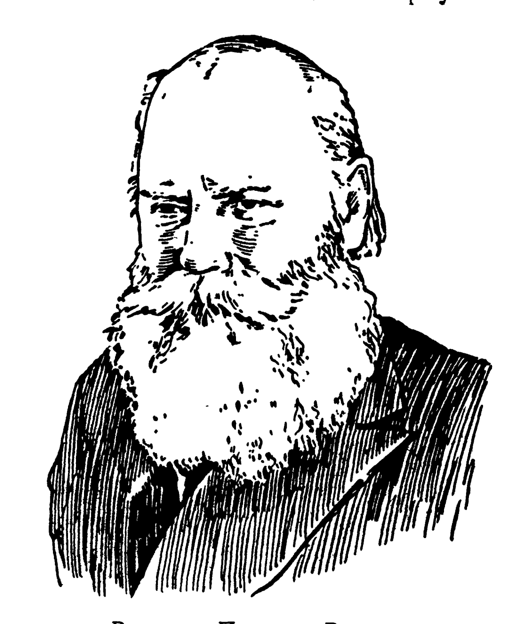
Здесь работали выдающиеся русские радиоспециалисты, продолжатели дела А. С. Попова: М. В. Шулейкин, И. Г. Фрейман, А. А. Петровский, Н. Н. Циклинский и др.

Эта группа ученых явилась тем ядром, из которого впоследствии разрослось несколько школ советских радиоспециалистов, плодотворно работавших над развитием и укреплением советской радиотехники.

С «Радиотелеграфным депо» было связано и начало деятельности в области радиотехники В. П. Вологдина, выполнившего по заданию «Радиотелеграфного депо» первый русский генератор повышенной частоты. Впоследствии машины высокой частоты В. П. Вологдина получили широкую известность.

В 1907 г. профессор Петербургского технологического института Борис. Львович Розинг заложил основы современного электронного телевидения, получив патент на «способ электрической передачи изображения на расстоянии».

9 мая 1911 г. Б. Л. Розинг сконструировал действующую модель телевизионной установки и получил первое в мире простейшее изображение на экране электронно-лучевой трубки. Слава А. С. Попова была приумножена.



Валентин Петрович Вологдин.

[1] По разным источникам.



Борис Львович Розинг.

Наша страна трудами Б. Л. Розинга стала родиной современного электронного телевидения.

В 1914 г. на Петербургском заводе Российского общества беспроволочных телеграфов и телефонов (РОБТиТ), в лаборатории которого работал Н. Д. Папалекси (впоследствии академик), стали изготовлять электронные лампы. Они были не чисто вакуумными и работали при небольшом давлении ртутных паров. На этих лампах Н. Д. Папалекси осуществил радиотелефонную передачу из Петербурга в Царское Село.

Производство первых вакуумных приемных радиоламп начал в России Михаил Александрович Бонч-Бруевич на Тверской приемной радиостанции в 1916 г. Аноды ламп делались из железной сетки в целях лучшей теплоотдачи, а для удлинения срока службы ламп в них были вставлены два катода на цоколях, расположенных друг против друга. Когда сгорал один катод, лампу переворачивали и включали другой. Применение двух катодов вызывалось трудностями откачки ламп. Эти лампы успешно конкурировали с заграничными, стóя в 6 раз дешевле и работая в 30 раз дольше импортных. Тверь понемногу снабжала лампами Петроград и радиостанции фронтов.

Ученик А. С. Попова В. И. Коваленков демонстрировал в 1914 г. делегатам съезда инженеров-электриков первую в мире телефонную двустороннюю трансляцию с ламповым усилителем. Эта установка, разработанная в Электротехническом институте по совету А. С. Попова, закладывала прочную основу для дальнейшей связи по проводам и радио.

Но усилия немногочисленных передовых русских радиоспециалистов, стремившихся освободиться от иностранной зависимости в развитии радиодела, увенчались успехом только в отношении военно-морского флота благодаря созданию «Радиотелеграфного депо».

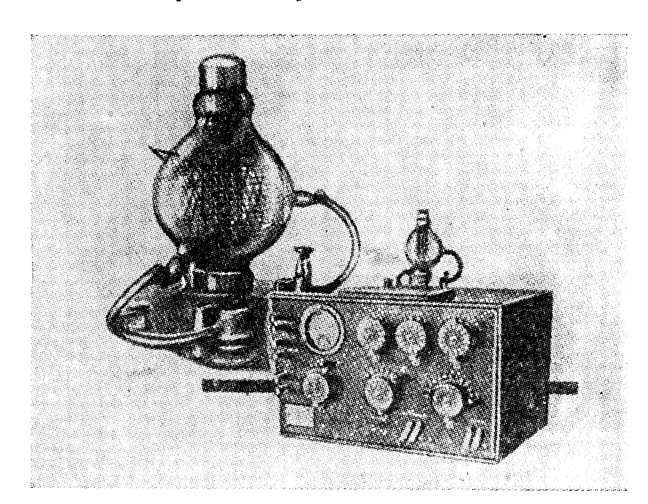
Радио, доставившее славу его изобретателю и русской науке, в последующие годы стало предметом спекуляции и наживы иностранных предпринимателей, извлекавших прибыль из отсталости царской России и продажности ее правящих кругов.

Великая Октябрьская социалистическая революция принесла трудам Попова всенародное признание и широчайшее развитие.

В Советской России радио стало важнейшим видом связи и информации, одним из главных средств политического и культурного воспитания трудящихся.

В октябрьские дни 1917 г. радио связало руководящие органы революции со всей страной. Первая радиопередача, обращенная к народу, состоялась в день победы социалистической революции. 7 ноября 1917 г. радиостанция крейсера «Аврора» оповестила мир о том, что Временное правительство низложено и государственная власть в России перешла в руки пролетариата.

Великий Ленин первым оценил радио не только как важнейший вид связи, но и как лучшее средство пропаганды, агитации, мобилизации широких народных масс.



Слева — первая электронная лампа, изготовленная М. А. Бонч-Бруевичем в Твери, справа—ламповый радиоприемник, сконструированный Бонч-Бруевичем для приема незатухающих колебаний.



Михаил Александрович Бонч-Бруевич.

Начиная с октября 1917 г., радиотелеграф часто передавал подписанные Лениным радиограммы: «Всем, всем, всем!»

По инициативе В. И. Ленина Советом Народных Комиссаров и Советом Труда и Обороны с 1917 г. и до начала 1921 г. был принят ряд декретов, наметивших большую программу развития радиостроительства в нашей стране. Среди них был декрет Совнаркома, положивший начало организации Нижегородской радиолаборатории.

Нижегородская радиолаборатория, развитию которой много помог Владимир Ильич, стала колыбелью советской радиотехники. Дважды награжденная орденом Трудового Красного Знамени, Нижегородская радиолаборатория со временем выросла по сути дела в научно-исследовательский радиотехнический институт государственного значения. Здесь были разработаны первые радиовещательные передатчики, налажен серийный выпуск радиоламп, зародилась и окрепла техника электровакуумного производства.

Это направление работ определялось задачами, которые поставил перед радиолабораторией В. И. Ленин.

Декрет Совнаркома предлагал развивать производство радиоламп с высоким вакуумом, ориентировал лабораторию на исследования в области радиотелефонии.

В конце 1919 г. в одной из комнат Нижегородской радиолаборатории звучал голос ее руководителя М. А. Бонч-Бруевича: «Алло, алло, даю счет. Раз, два, три, четыре... Как слышно?..». Велись опыты по радиотелефонированию. 19 января 1920 г. была осуществлена первая опытная радиотелефонная передача из Нижегородской радиолаборатории, а через 4 дня удалось связаться с Москвой.

5 февраля 1920 г. Владимир Ильич Ленин послал М. А. Бонч-Бруевичу свое знаменитое письмо, в котором писал:

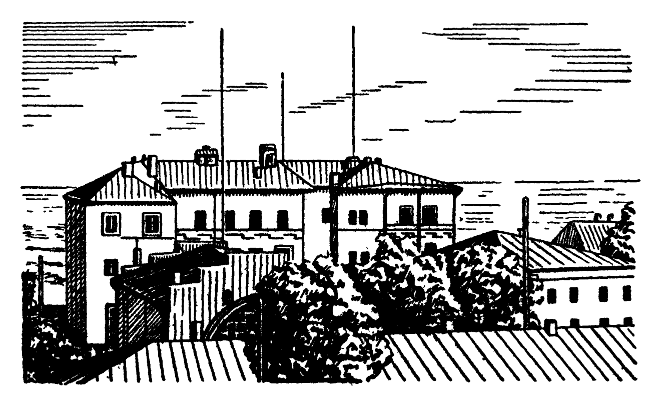
«Пользуюсь случаем, чтобы выразить Вам глубокую благодарность и сочувствие по поводу большой работы радиоизобретений, которую Вы делаете. Газета без бумаги и „без расстояний", которую Вы создаете, будет великим делом. Всяческое и всемерное содействие обещаю Вам оказывать этой и подобным работам».

Это письмо взволновало и окрылило весь коллектив радиолаборатории. Больше всех был взволнован тот, кому оно было адресовано.

Правительство поручило Бонч-Бруевичу построить в Москве центральную радиотелефонную станцию с радиусом действия 2 тысячи верст. Задача была срочной, требовалось немедленно приступить к подготовительным работам.

А как приступить? Для такой радиостанции нужны были мощные лампы. Но для увеличения мощности требовалось увеличить напряжение на аноде, а это в свою очередь приводило к сильному нагреванию электродов, выделению газов, возникновению дуги между электродами или расплавлению баллона лампы. Нужны были тугоплавкие металлы для анодов ламп, такие, как тантал или молибден, а о таких металлах в ту пору можно было только мечтать. В стране не было не только тантала и молибдена — не хватало хлеба и топлива.

Бонч-Бруевич решился на революционный шаг. Вместо танталового анода он поставил трубку из меди. Трубка входила внутрь лампы и соединялась шлангом с водопроводом, служа анодом.



Здание Нижегородской радиолаборатории.

Генераторная лампа Бонч-Бруевича утвердила новые принципы конструирования мощных генераторных электронных ламп. Конструкция мощных советских радиоламп с водяным охлаждением позже была заимствована заграницей.

В это же время один из руководителей Нижегородской радиолаборатории, В. П. Вологдин, нащел выход из другого трудного положения. Предвидя, что препятствием для быстрого развития радиотелефонии явится отсутствие в СССР отечественных высоковольтных генераторов постоянного тока, он создает оригинальную схему ртутного выпрямителя. Так было облегчено строительство не только радиотелефонных ламповых станций, разработанных М. А. Бонч-Бруевичем, но и радиотелеграфных.

В период гражданской войны, в наиболее напряженные для Советской страны дни, в Нижегородской радиолаборатории, как и во многих других исследовательских учреждениях, рождались новые научно-технические идеи.

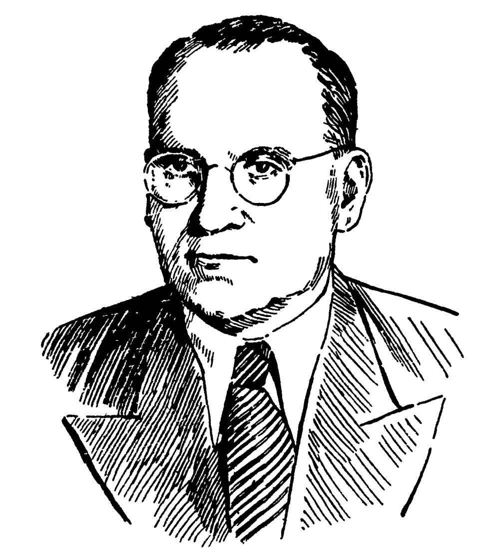
Успешной деятельности лаборатории способствовало неослабное внимание В. И. Ленина к работам, пробивавшим новый путь в технике.

В. И. Ленин считал радиотелефон делом *гигантски важным*, с помощью которого, как он писал 26 января 1921 г. управделами Совнаркома, *«вся Россия будет слышать газету, читаемую в Москве»*.

В мае 1922 г. в одном из писем, направленных всем членам Политбюро, о развитии радиотехники В. И. Ленин писал, что *«ни в коем случае не следует жалеть средств на доведение до конца дела организации радиотелефонной связи и на производство вполне пригодных к работе громкоговорящих аппаратов»*.

Нижегородская радиолаборатория выполнила задание правительства. В августе 1922 г. была завершена постройка первой мощной 12-киловаттной радиовещательной станции, названной именем Коминтерна. Вскоре вступило в строй несколько десятков радиостанций местного радиовещания.

Нижегородская радиолаборатория организовала первый радиотехнический съезд, проводила широкую техническую консультацию для радиолюбителей, осуществляла издание научно-технических журналов «Телеграфия и телефония без проводов» и «Радиотехник». Издательская деятельность, содействие изобретательству и даже составление учебных программ для подготовки кадров в области радио — все это предусматривалось положением о радиолаборатории, которое редактировал лично В. И. Ленин. Не замкнутое научное учреждение видел в радиолаборатории великий вождь пролетариата, а активное содружество научных работников с широкими массами всех радиотехников и изобретателей страны.



Александр Львович Минц.

Владимир Ильич Ленин мечтал о митинге с многомиллионной аудиторией, он завещал создать газету без бумаги и «без расстояний».

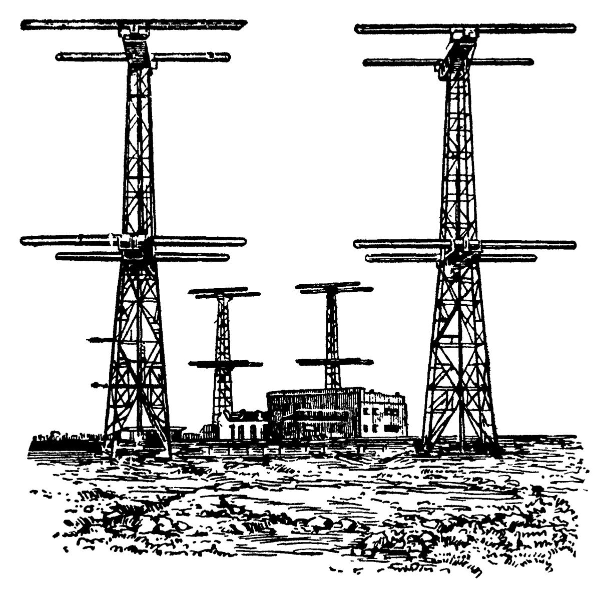
Заветы В. И. Ленина начали быстро осуществляться.

28 июля 1924 г. было издано постановление Совета Народных Комиссаров СССР «О частных приемных радиостанциях». Этот исторический документ положил начало бурному развитию радиовещания, радиофикации и радиолюбительства в нашей стране.

Осенью того же года началось систематическое вещание через новую радиостанцию Института связи в Сокольниках, отличавшуюся исключительно высоким качеством передачи. Здесь А. Л. Минц — ныне Герой Социалистического Труда, академик — совместно с И. Г. Кляцкиным, Н. И. Огановым и М. И. Басалаевым построили ряд радиотелефонных передатчиков нарастающей мощности: от 1,2 *квт* в 1924 г. до 20 *квт* в 1926 г. Последний передатчик (радиостанция имени Попова) был крупнейшим в мире.

Характерно, что первенство этот передатчик перенял у советской же 12-киловаттной радиостанции имени Коминтерна, а уступил его 40-киловаттному радиовещательному передатчику, построенному в 1927 г. в Москве М. А. Бонч-Бруевичем при участии А. М. Кугушева.

Генератор мощного радиопередатчика со-



Мощная коротковолновая радиостанция.

стоял из трех каскадов, причем оконечный каскад имел три лампы с водяным охлаждением при номинальной мощности 25 *квт* каждая. Разработав эту генераторную лампу, М. А. Бонч-Бруевич опередил все заграничные достижения в этой области.

В начале 1928 г. под руководством А. Л. Минца было организовано бюро мощного радиостроения, в состав которого входили З. И. Модель, П. П. Иванов, Н. И. Оганов и другие радиоинженеры. Первой работой бюро явилась постройка мощной 100-киловаттной радиовещательной станции имени ВЦСПС.

В проектировании и строительстве этой станции было применено много смелых технических новинок, для изучения которых иностранные фирмы присылали в Москву своих инженеров.

Вслед за радиостанцией имени ВЦСПС в течение первой пятилетки было построено еще четыре радиостанции такой же мощности, но уже более совершенных.

А в 1933 г. зазвучал «голос» 500-киловаттного радиогиганта — новой станции имени Коминтерна.

Эта станция — замечательное сооружение, которому не было равного в мире. Главный строитель этой радиостанции А. Л. Минц применил для нее новый тип радиовещательной антенны и оригинальный способ построения мощного каскада радиопередатчиков, состоявщего из шести независимых друг от друга усилительных блоков, работавших на одну общую антенну.

Одновременно со строительством длинноволновых и средневолновых передатчиков советские ученые и инженеры работали над проблемой использования коротких волн.

Пока на Западе изучали свойства радиоволн длиной 70—100 *м*, в Нижегородской радиолаборатории М. А. Бонч-Бруевич и В. В. Татаринов в 1923 г. перешли к экспериментам с более короткими волнами и выяснили некоторые особенности их распространения. Эти работы показали, что на двух-трех волнах можно вести практически круглосуточную радиосвязь с корреспондентами на любых расстояниях. На основе этих опытов Нижегородская радиолаборатория в 1926 г., установив коротковолновые передатчики в Москве и Ташкенте, осуществила магистральную радиосвязь Москва—Ташкент. На этих радиопередатчиках были установлены разработанные В. В. Татариновым первые магистральные коротковолновые антенны. В сентябре 1926 г. начала регулярные передачи коротковолновая радиостанция во Владивостоке, установленная Нижегородской радиолабораторией. Эта станция поддерживала связь с Нижним Новгородом на волне 23 *м*.

В том же году на Сокольнической радиостанции был сооружен первый в Европе коротковолновый радиотелефонный передатчик мощностью 1 *квт*.

Дальнейшие труды наших ученых и инженеров увенчались сооружением в 1938 г. первой в мире коротковолновой 120-киловаттной радиостанции для радиовещания.

Даже в трудные военные годы продолжалось строительство мощных радиостанций. В 1943 г. наша радиовещательная сеть пополнилась новой средневолновой радиостанцией, построенной под руководством З. И. Моделя, А. Л. Минца, Л. А. Копытина, П. П. Иванова. Она явилась одним из самых мощных сооружений в мире.

Фундамент прочно удерживаемого мирового первенства СССР по мощности радиовещательных станций был заложен работами советских ученых, неизменно стремившихся подвести прочную научную базу под инженерные расчеты. М. В. Шулейкин был одним из создателей советской методики радиотехнических инженерных расчетов, касавшихся длинноволновых антенн и заземлений, ламповых генераторов и их стабилизации, модуляции и пр.

В 1920 г., на 4 года раньше иностранных ученых, М. В. Шулейкин разработал основы теории преломления радиоволн в ионосфере.

М. А. Бонч-Бруевич создал свою оригинальную теорию ламповых генераторов, разработал конструкцию мощных генераторных

ламп с наружным анодом, охлаждаемым водой. Эта конструкция получила всеобщее признание и стала всюду широко применяться. А. И. Бергу принадлежат ценные работы по основным вопросам генерации, стабилизации частоты, усиления и управления колебаниями ламповых генераторов.

А. Л. Минц опубликовал работы по расчету мощных генераторов, вопросам модуляции и строительству сверхмощных станций.

Самостоятельная и большая область работы советских ученых и инженеров относится к теории антенн и их конструкциям. Начало этим работам положил М. В. Шулейкин своими исследованиями различных длинноволновых антенн и сетей.

Первые сложные системы коротковолновых антенн были построены в СССР и явились родоначальниками всех устройств подобного типа.

В последующее время работы А. А. Пистолькорса и Я. Н. Фельда дали принципиальное разрешение вопроса о создании так называемых щелевых или дифракционных антенн, которые были предложены независимо друг от друга М. А. Бонч-Бруевичем и М. С. Нейманом для работы на очень коротких волнах.

Наряду с успехами в строительстве передающих радиостанций советские специалисты достигли значительных результатов в развитии теории радиоприема. Их исследования в ряде случаев опережали исследования зарубежных ученых. Таковы, например, работы В. А. Котельникова, посвященные проблеме борьбы с помехами радиоприему и о потенциальной помехоустойчивости, А. И. Берга о сеточном детектировании, Г. С. Горелика и Г. М. Гинца о сверхрегенераторе, В. И. Сифорова по теории радиоприема, Е. Г. Момота по избирательному детектированию. Первостепенное значение для понимания сложных явлений электрических колебаний как при приеме, так и при генерации имеют теоретические работы школы академиков Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси.

Новой областью радиотехники является техника сантиметровых волн, развивавшаяся в связи с радиолокацией. Одной из самых основных задач техники сантиметровых волн является разработка методов генерации очень коротких волн и соответствующих генераторов. В настоящее время практически применяются два типа генераторов: магнетроны и клистроны. В их разработке выдающаяся роль принадлежит советским ученым. Советский физик А. А. Слуцкин был одним из пионеров в области исследования магнетронов и одним из создателей магнетронного генератора. Современный многокамерный магнетрон представляет собой дальнейшее развитие конструкций магнетронов, разработанных Н. Ф. Алексеевым и Д. Е. Маляровым по рекомендациям М. А. Бонч-Бруевича еще в 1936—1937 гг. Идею применения магнетронов как генераторов для радиолокации выдвинул также М. А. Бонч-Бруевич.



Михаил Васильевич Шулейкин.

Широко распространенный в радиоаппаратуре сантиметрового диапазона электровакуумный прибор, так называемый отражательный клистрон, предложил советский инженер В. Ф. Коваленко в 1940 г.

Основную роль в работе клистрона играют объемные колебательные контуры («эндовибраторы»), представляющие собой ограниченные металлическими стенками объемы, служащие резонаторами для электромагнитных колебаний сверхвысоких частот. Такие резонаторы впервые предложил советский радиоспециалист М. С. Нейман.

Обратимся, наконец, еще к одной актуальной проблеме современной радиотехники — проблеме распространения радиоволн.

Заслуга решения задачи дифракции, которая является основой теории распространения поверхностных радиоволн, принадлежит советскому ученому акад. Б. А. Введенскому.

Наблюдения за распространением коротких волн, давшие ценные результаты, вели Д. А. Рожанский, М. А. Бонч-Бруевич и А. Н. Щукин.

В 1932 г. профессор А. Н. Щукин (ныне академик) впервые предложил метод расчета напряженности поля на коротких волнах. Он же подробно рассмотрел в 1937 г. условия распространения радиоволн в морской воде.

С изобретением ионосферных станций радиотехника получила новое мощное средство для изучения процессов распространения пространственных радиоволн.

М. А. Бонч-Бруевич, смело решавший сложнейшие задачи в любых отраслях радиотехники, явился пионером импульсного метода исследования ионосферы. Он сконструировал и испытал первую мощную 20-киловаттную импульсную станцию, при помощи которой были проведены исследования ионосферы за Полярным кругом в 1933 г.

Большое значение имеют исследования условий распространения ультракоротких волн (УКВ), играющих теперь столь важную роль в радиолокации и телевидении.

В СССР первые опыты по радиосвязи на УКВ и определению особенностей их распространения были осуществлены еще в 1922 г. Б. А. Введенским совместно с А. И. Данилевским. Ими тогда впервые была осуществлена радиотелеграфная передача на волне 3,8 *м*.

В 1926—1928 гг. Б. А. Введенский, А. Г. Аренберг и А. В. Астафьев изучали распространение УКВ на земле в пределах небольших расстояний. Они же провели опыты связи на УКВ с аэростатами и самолетами. В 1928 г. Б. А. Введенский опубликовал формулы, бывшие первой попыткой установления закона распространения УКВ. Под руководством Б. А. Введенского была построена и в 1931 г. вела регулярные передачи первая радиовещательная станция на УКВ (РВ-61).

Академики Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси разработали методы измерения скорости распространения радиоволн, исследовали условия распространения коротких и средних радиоволн над поверхностью земли. На основе этих работ ими были созданы впоследствии фазовые системы радионавигации. Акад. В. А. Фок создал теорию распространения радиоволн над поверхностью земли. Совокупность этих работ позволяет решать ряд важных практических задач, возникающих перед новой радиотехникой.

Велик вклад наших ученых в развитие телевидения.

В основе всех телевизионных передающих устройств лежит явление так называемого внешнего фотоэффекта, заключающегося в вырывании светом электронов из поверхности металла. Законы, которым подчиняется это явление, и основные условия, при которых оно может быть практически использовано, установлены были еще в прошлом веке великим русским физиком А. Г. Столетовым. Им же был построен первый фотоэлемент.

Как уже указывалось выше, Б. Л. Розинг предложил применить для приема изображений электронно-лучевую трубку. Создание современной передающей электронной системы также связано с работами советских ученых. В 1930—1931 гг. С. И. Катаев и А. П. Константинов независимо друг от друга предложили проекты передающей электронно-лучевой трубки с мозаичным фотокатодом (иконоскоп).

Важным фактором, обеспечивающим высокую чувствительность современных передающих телевизионных трубок, является применение в них многократного вторичного электронного умножителя, первые действующие модели которого были созданы в 1930 г. Л. А. Кубецким.

В 1932 г. С. И. Катаев предложил новый принцип построения передающих трубок, дальнейшее развитие которого П. В. Шмаковым и П. В. Тимофеевым позволило создать высокочувствительную телевизионную трубку с переносом изображения, известную под названием суперэмитрон.

Проф. Г. В. Брауде создал оригинальную систему телекино и предложил в 1938 г. электронную систему, использованную позднее в сверхчувствительной передающей телевизионной трубке, называемой суперортиконом.

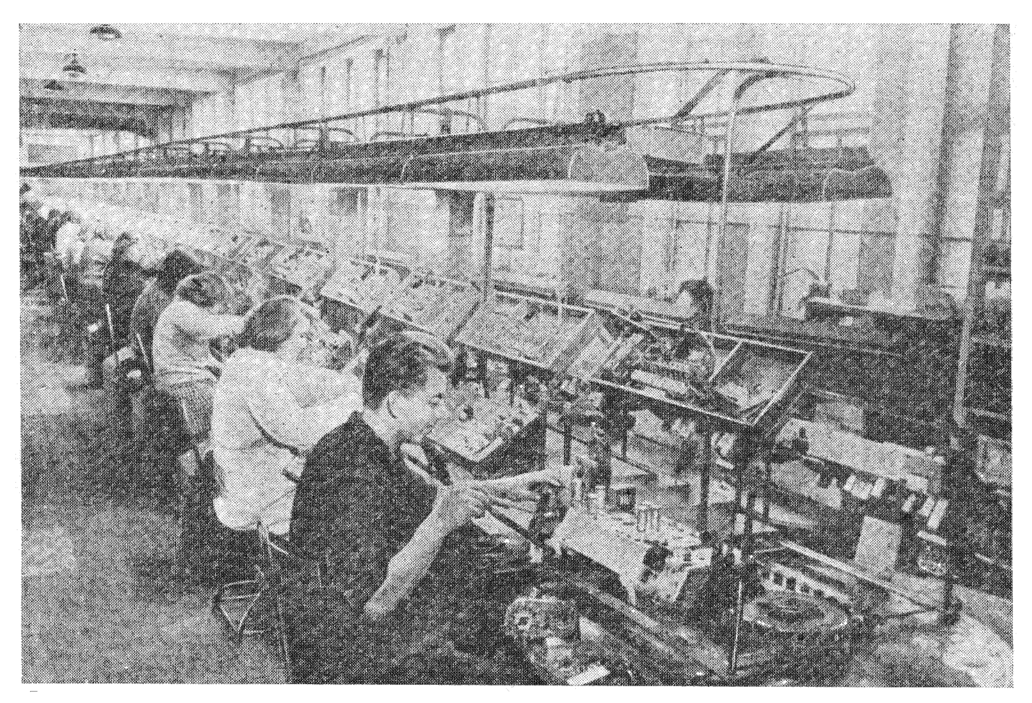
Следует отметить большую роль в развитии советской электроники С. А. Векшинского, ныне академика, Героя Социалистического Труда, еще в начале 20-х годов разработавшего оригинальные триоды с вольфрамовым катодом и расшифровавшего к 1931 г. сущность технологии изготовления бариевых катодов. Затем С. А. Векшинский руководил работами по созданию мощных генераторных ламп, электронно-лучевых трубок, газотронов и других электровакуумных приборов в организованных им научно-технических центрах советской электроники: Отраслевой вакуумной лаборатории — до войны, а после Великой Отечественной войны — в Научно-исследовательском вакуумном институте.

* * *

Благодаря неустанной заботе Коммунистической партии радио в нашей стране за годы Советской власти превратилось в могучее средство коммунистического воспитания трудящихся. Оно стало пропагандистом и популяризатором бессмертных идей марксизма-ленинизма, передового опыта новаторов производства, достижений социалистической науки и искусства.

На основе развития отечественной радиопромышленности радиовещание и радиофикация приобрели необычайный размах.

Митинг с миллионной аудиторией, пред-



Рижский радиозавод имени А. С. Попова. Конвейер сборки радиоприемников „Фестиваль" (1959 г.).

сказанный В. И. Лениным, осуществлен. Радиопередачи в СССР слушают почти в каждом доме. В стране действуют более 60 млн. радиоприемников и радиоточек.

Передачи центрального радиовещания ведутся по четырем программам около 80 *ч* в сутки и в них содержится столько информационного материала, сколько содержат 20 четырехстраничных газет большого формата.

По СССР передачи ведутся на 60 языках народов нашей страны.

Большим недостатком проволочного вещания была до сих пор его однопрограммность. Вещательные узлы могли транслировать только одну программу, и абоненты не имели никакого выбора.

Научно-исследовательский институт связи СССР разработал систему многопрограммного вещания по проводам. Она обеспечивает транслирование трех программ.

Скоро начнется широкое внедрение этой системы. Тогда владельцы радиоточек смогут выбирать любую из трех программ.

Бурное развитие получило в последние годы отечественное телевидение.

Еще в 1953 г. в СССР работало всего три телевизионных центра: в Москве, Ленинграде и Киеве. Их передачи принимала сеть из 225 тысяч телевизоров.

К 7 мая 1961 г. в стране работало 108 телевизионных центров и 200 ретрансляционных станций. Они обслуживали территорию, на которой живет 80 млн. чел. Число телевизоров превышало 5 млн. шт.

Советское телевидение вышло на мировую арену. Встречу в Москве первого советского космонавта Юрия Гагарина, Первомайский парад и демонстрацию трудящихся столицы ретранслировали телецентры 15 стран Европы.

В районе Останкино (Москва) идет строительство самой высокой в мире телевизионной башни. Эта уникальная стальная башня войдет в комплекс нового московского телевизионного центра, с постройкой которого зона приема телевизионных передач Москвы увеличится в 5 раз. Зрители получат возможность принимать четыре черно-белые программы и одну цветную.

Радиотехника и электроника внедряются во все отрасли науки и техники и в быт советских людей, играя огромную роль в техническом прогрессе нашей страны.

Применение этой новой техники ведет к повышению производительности труда и улучшению качества продукции при снижении ее себестоимости, открывает новые возможности для научных исследований.

То, что было мечтой и фантазией людей, в наши дни стало действительностью. Все новые и новые достижения Советского Союза не раз потрясали весь мир: искусственные спутники Земли; полеты космических ракет в сторону Луны и с вымпелом на Луну; получение фотографии обратной стороны Луны; запуски



Вручение Ю. А. Гагарину аттестата мастера радиоспорта и диплома за первую радиосвязь Космос—Земля на коротких и ультракоротких волнах. Вручает диплом председатель президиума Федерации радиоспорта Э. Т. Кренкель.

серии кораблей спутников и, наконец, исторические космические орбитальные полеты космонавтов Ю. А. Гагарина и Г. С. Титова.

Герой Советского Союза, первый в мире космонавт Юрий Алексеевич Гагарин дал исключительно высокую оценку роли радиосвязи в историческом полете человека в Космос:

«Роль радиосвязи в данном полете я оцениваю высоко. Связь позволила мне вести постоянное общение с Землей, принимать команду, передавать с борта корабля информацию о работе всех систем, передавать наблюдения, чувствовать постоянную поддержку нашего народа, правительства, быть неодиноким в полете».

Ю. А. Гагарин, находясь в Космосе, даже узнавал на слух голоса товарищей, обращавшихся к нему с Земли.

Таковы колоссальные успехи нашей науки и техники, и немалая доля их достигнута благодаря прогрессу радиоэлектроники.

Однако успехи и достижения не должны давать повод к самоуспокоенности.

В технике радиосвязи, радиовещания и телевидения есть еще много нерешенных технических проблем, в решении которых должны принять деятельное участие научно-технические силы и радиолюбители.

Советские ученые, инженеры и техники, работающие в области радио, и радиолюбители-патриоты, воодушевленные историческими решениями XXII съезда Коммунистической партии Советского Союза, приложат все силы к тому, чтобы множить успехи советской радиотехники во имя дальнейшего укрепления могущества нашей Родины, во имя торжества коммунизма.

РАДИОЛЮБИТЕЛИ — ЭНТУЗИАСТЫ РАДИОТЕХНИКИ[1]

Ни в одной области техники не представляется таких широких возможностей для самообразования, связанного с практической, лабораторной, экспериментаторской работой в кружке и на дому, как в радиотехнике. Поэтому ни в одной области техники не было и нет такого массового движения людей, посвящающих свой досуг ее изучению, как в области радио. Объясняется это также и тем, что радио с первых шагов его развития поражало своими заманчивыми перспективами и возбуждало к себе огромный интерес.

Отметим, что наше радиолюбительство — это движение энтузиастов радиоэлектроники, родившееся и выросшее в советских условиях. Оно охватило широкие круги трудящихся, стало массовым движением и показало свойственную только советской стране общественную активность.

Радиолюбители сыграли большую роль в развитии радиофикации нашей страны, продвижении радиоэлектроники в народное хозяйство и в общем прогрессе отечественной радиотехники. Такого целеустремленного, широкого размаха радиолюбительства не знала ни одна страна в мире.

В СССР радиолюбительство явилось выражением понимания народом великого политического и культурного значения радио.

Радиолюбительство в нашей стране стало своеобразной народной радиолабораторией и школой радиоэлектроники. Оно, как сказал замечательный ученый-физик акад. С. И. Вавилов, носит в себе служение своей Родине, ее техническому процветанию и культурному развитию.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СОВЕТСКОГО РАДИОЛЮБИТЕЛЬСТВА

По праву первым радиолюбителем в нашей стране может считаться Михаил Александрович Бонч-Бруевич.

Этот *«крупнейший работник и изобретатель в радиотехнике»*, как о нем отзывался В. И. Ленин, начал заниматься радиотехникой еще в юношеском возрасте.

[1] По разным источникам.

В 1906 г. он построил в своей домашней лаборатории в Киеве радиостанцию по схеме А. С. Попова. Видимо, эта станция носила чисто экспериментальный характер и ее строитель мало работал в «эфире», поэтому занятие радиолюбительством не принесло ему неприятностей.

Не так было с другим радиолюбителем — Сергеем Степановичем Жидковским. В 1909 г., учась в Киевском техническом железнодорожном училище, Сергей Жидковский все свое свободное время отдавал радиолюбительству. Он с большим увлечением исследовал свойства различных детекторов и разработал несколько конструкций детекторных приемников.

По окончании училища Жидковский работал надсмотрщиком телеграфа в Жмеринке и с ведома начальника телеграфа построил любительскую радиостанцию. Передатчик на ней был искровой мощностью 50 *вт.* Питание производилось от гальванических элементов. Прием осуществлялся с помощью приемника собственной конструкции.

Молодой радиолюбитель принимал на длинных волнах сигналы радиотелеграфных станций Киева, Одессы, Бобруйска и Парижа. Кроме того, он систематически вел наблюдения за влиянием на радиоприем различных метеорологических условий и времени суток.

Вся эта деятельность Жидковского, несомненно, представляла значительный общественный и научный интерес.

Но для властей того времени и прежде всего жандармского управления радио являлось столь «свободомыслящим» занятием, что оно не совмещалось с крестьянским происхождением Жидковского и возбудило подозрение. У радиолюбителя был произведен обыск. Конструктор «подозрительной» радиостанции был арестован, заключен в одиночную камеру тюрьмы и объявлен «опасным государственным преступником». Это было в начале 1914 г.

Целый год длилось следствие по делу Жидковского. Но на суде в 1915 г. с предельной ясностью выяснилась вся несостоятельность обвинений, предъявленных радиолюбителю, и все дело свелось к отсутствию разрешения на установку радиостанции.

Обвиняемый был приговорен к трехмесячному тюремному заключению, которое он уже в четырехкратном размере отбыл во время следствия.

Впоследствии С. С. Жидковский стал инженером и получил широкую возможность заняться изобретательством. Это было уже при Советской власти.

В условиях царской России не было почвы для развития радиолюбительства. Принимать по радио тогда можно было только сигналы телеграфных радиостанций, да грозовые разряды. А властями, как мы видим из примера с Жидковским, радиолюбительство далеко не поощрялось.

Только при Советской власти радиолюбительство приняло массовый размах и стало подлинной кузницей подготовки кадров радиоспециалистов и могучей силой радиофикации страны.

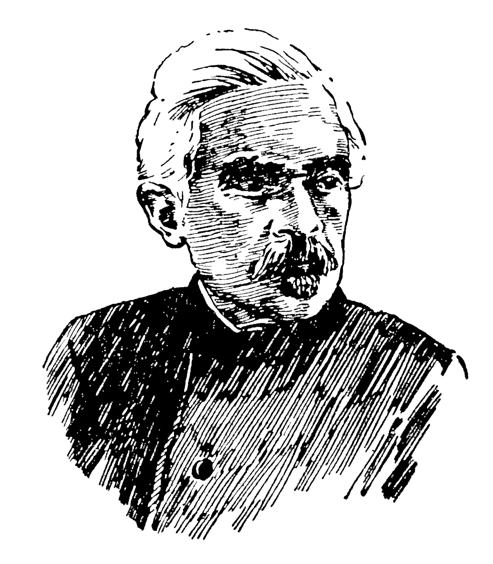
Колыбелью советского радиолюбительства была Нижегородская радиолаборатория.

Осуществляя ленинские идеи радиофикации страны, коллектив Нижегородской радиолаборатории строил первые радиовещательные станции.

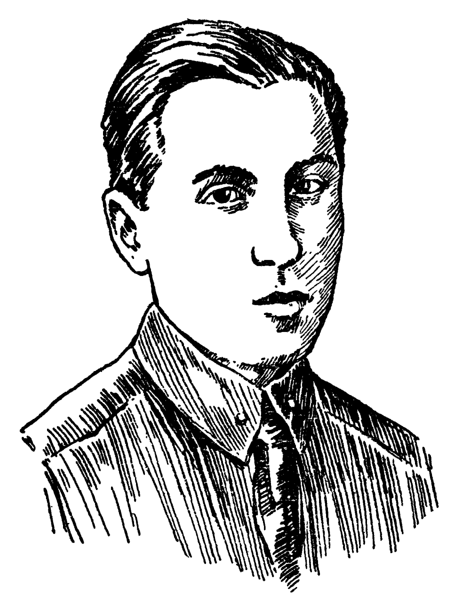
Для приема опытных радиотелефонных передач работникам Нижегородской радиолаборатории нужны были радиослушатели-энтузиасты, любители радио.

Радиоспециалисты Нижегородской лаборатории вели пропаганду радиотехнических знаний и помогали развитию радиолюбительства. Здесь появился первый любительский детекторный приемник системы инженера С. И. Шапошникова. Здесь же была выпущена первая популярная радиобиблиотека, книжки которой неоднократно переиздавались. Сотрудники лаборатории давали устную радиотехническую консультацию и отвечали на сотни писем, приходивших от радиолюбителей.

Много сделал для развития радиолюбительства один из руководителей лаборатории проф. В. К. Лебединский. Большой общественный деятель в области радиотехники, редактор первых советских радиотехнических жур-



Владимир Константинович Лебединский.



Олег Владимирович Лосев.

налов, он широко пропагандировал значение радиолюбительства.

«Где нужен массовый опыт, кропотливые наблюдения, негнущаяся настойчивость без уступок, бесстрашная смелость воплощения мысли, — там выступает радиолюбитель», — писал В. К. Лебединский.

По инициативе В. К. Лебединского и при содействии всего коллектива Нижегородской радиолаборатории в Нижнем Новгороде было создано Общество радиолюбителей.

Руководители радиолаборатории привлекли к ее работе талантливых радиолюбителей: Федора Лбова, ставшего пионером коротковолнового любительства, и Олега Лосева. Последний открыл в 1922 г. способность кристаллов цинкита возбуждать электрические колебания высокой частоты и сконструировал безламповый приемник-усилитель. Этот приемник стал широко известен далеко за пределами нашей страны под названием кристадин.

Иностранные радиожурналы того времени печатали сообщения о генерирующем кристалле и его изобретателе — русском радиолюбителе. Сейчас изобретение О. В. Лосева нашло практическое воплощение в современных полупроводниковых приборах.

По почину нижегородцев в 1922 г. начали создаваться радиокружки в Москве и Московской области. Страницы журнала «Радиолюбитель» сохранили рассказ о деятельности первого радиокружка в Подмосковье, организованного в Лосиноостровской (теперь г. Бабушкин) школе второй ступени учителем физики Е. Н. Горячкиным. Работа этого замечательного кружка нашла затем отражение в книге его талантливого руководителя, называвшейся «Радио в школе».

В конце 1922 г. по инициативе проф. И. Г. Фреймана при Обществе мироведения был создан первый радиолюбительский кружок в Петрограде.

В 1923 г. радиокружки начали создаваться в различных городах Советского Союза.

Широкий размах и подлинную массовость радиолюбительское движение получило после издания в 1924 г. постановления Совета Народных Комиссаров СССР «О частных приемных радиостанциях», предоставившего частным лицам право устройства и эксплуатации приемных радиостанций.

Это постановление Советского правительства (опубликовано в газете «Известия» 9 сентября 1924 г.), получившее название «закон о свободе эфира», положило также начало регулярному радиовещанию и создало предпосылки для массовой радиофикации страны.

Началось бурное развитие радиолюбительства. В Москве пионерами этого движения стали профсоюзы. 15 мая 1924 г. при культотделе МГСПС была создана консультация для пропаганды радиолюбительства и содействия работе радиокружков. К 1 августа этого же года в Москве уже организовалось 60 радиокружков, а радиоконсультацию реорганизовали в Бюро содействия радиолюбительству (Радиобюро МГСПС), которым руководил А. В. Виноградов. С деятельностью Радиобюро связано много радиолюбительских начинаний. При нем были организованы лабо-



Первый советский коротковолновик Ф. А. Лбов.

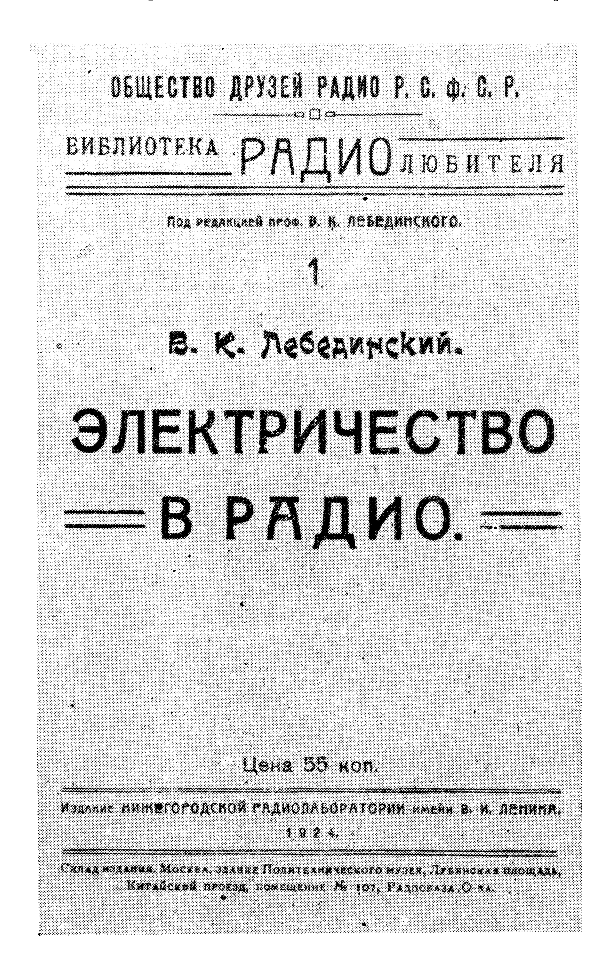
ратория, техническая консультация и курсы инструкторов для радиокружков.

Радиобюро также организовало издание журнала «Радиолюбитель», сыгравшего большую роль в развитии советского радиолюбительства. Этот первый радиолюбительский журнал, выходивший 2 раза в месяц и издававшийся тиражом 50 тыс. экземпляров, опубликовал на своих страницах описания многих самодельных конструкций радиоприемников, измерительных приборов, усилителей и другой любительской аппаратуры, строившейся затем в радиокружках и отдельными радиолюбителями. Журнал был учебником и практическим руководством для первых поколений радиолюбителей в Советском Союзе.

Радиобюро МГСПС арендовало радиостанцию в Сокольниках и с 12 октября 1924 г. организовало впервые в СССР регулярное радиовещание по заранее объявленной в газетах программе. Через Сокольническую радиостанцию были осуществлены первые трансляции концертов из Дома союзов и опер из



Первый номер журнала „Радиолюбитель".



ОБЩЕСТВО ДРУЗЕЙ РАДИО Р. С. Ф. С. Р.

БИБЛИОТЕКА РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

Под редакцией проф. В. К. Лебединского.

1

В. К. Лебединский.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО В РАДИО.

Цена 55 коп.

Издание Нижегородской радиолаборатории имени В. И. Ленина.

1924.

Склад издания. Москва, здание Политехнического музея, Лубянская площадь, Китайский проезд, помещение № 107, Радиобаза О-ва.

Первая книжка „Библиотеки радиолюбителя".

Большого театра, передачи технической консультации для радиолюбителей.

Строителем радиостанции в Сокольниках и организатором всех многочисленных экспериментов, проведенных совместно с Радиобюро, был А. Л. Минц. Под его руководством Радиобюро МГСПС построило в январе 1925 г. радиостанцию в Доме союзов. Там же был построен первый в СССР радиоузел.

Радиобюро МГСПС осуществило первый опыт радиофикации деревни силами радиокружковцев. К концу 1925 г. было радиофицировано громкоговорящими радиоустановками 205 сельских изб-читален. Эту работу в общественном порядке провели 40 московских и 14 подмосковных рабочих радиокружков.

Таким образом, московским радиолюбителям, руководимым МГСПС, принадлежат честь организации первых регулярных радиопередач и первых трансляций и приоритет в развитии проволочной радиофикации.

Мощной радиолюбительской организацией в те годы стало также Ленинградское общество друзей радио, возникшее в марте 1924 г. по инициативе работников электровакуумного завода «Светлана». К осени этого года оно объединяло уже около 40 тыс. радиолюбителей. В августе 1924 г. в Ленинграде состоя-

лась первая областная конференция Общества друзей радио, а с ноября стал издаваться ежемесячный научно-популярный журнал «Друг радио». Этот журнал помог распространению радиотехнических знаний и сколачиванию радиолюбительской общественности не только в Ленинграде, но и в других городах.

В августе 1924 г. в Москве было создано Общество друзей радио (ОДР), ставшее с 1926 г. всесоюзной организацией. Оно издавало журнал «Радио — всем», переименованный затем в «Радиофронт», с которым в 1931 г. объединился журнал «Радиолюбитель».

С марта 1933 г. руководство радиолюбительством перешло к ЦК ВЛКСМ, при котором был создан Комитет содействия радиофикации страны и развитию радиолюбительства. А в 1935 г. руководство радиолюбительским движением в стране было передано Всесоюзному комитету по радиофикации и радиовещанию при Совете Народных Комиссаров СССР. Коротковолновым радиолюбительством стал руководить Центральный совет Осоавиахима.

Уже в первые годы радиолюбители немало сделали для радиофикации страны. Многие радиовещательные станции были построены силами радиолюбителей или на средства, собранные радиолюбительскими организациями.

В Актюбинске (Казахская ССР), например, радиолюбители сумели путем ряда общественных мероприятий изыскать средства и построить своими силами в течение 3 мес. радиовещательную станцию со студией и выделенным приемным пунктом для трансляции московских передач. Бригадой радиолюбителей были установлены мачты для радиостанции.

В Киеве первая радиостанция была построена на средства, собранные от выпуска одного номера журнала «Радио для всех». Ряд радиозаводов вырос из радиолюбительских мастерских.

Тесно связанное с практикой социалистического строительства, советское радиолюбительство носит творческий патриотический характер. Это — подлинно народная лаборатория, объединяющая энтузиастов радиодела, отдающих свой досуг конструкторской работе и серьезной, пытливой учебе во всех областях радиотехники. Радиолюбители построили тысячи радиоузлов, сотни тысяч радиоприемников и дали стране десятки тысяч техников-практиков для обслуживания радиоустановок.

Являясь массовой школой подготовки радиокадров, радиолюбительство вырастило в своих рядах замечательных специалистов, ставших видными инженерами, учеными.

Много сделали радиолюбители для развития коротковолновой связи и ее внедрения в различные отрасли народного хозяйства.

Нижегородские радиолюбители первыми в СССР занялись короткими волнами и организовали секцию коротких волн. Они же положили начало первому коротковолновому журналу, выходившему приложением к журналу «Радио — всем».

Спортивное начало, заложенное в коротковолновом любительстве, способствовало подготовке замечательных радистов из числа коротковолновиков, великолепно знающих радиотехнику и отлично владеющих телеграфной азбукой. Коротковолновики своим энтузиазмом пробивали дорогу коротким волнам и становились первыми радистами-операторами в тех ведомствах, где начинали применять коротковолновую связь.

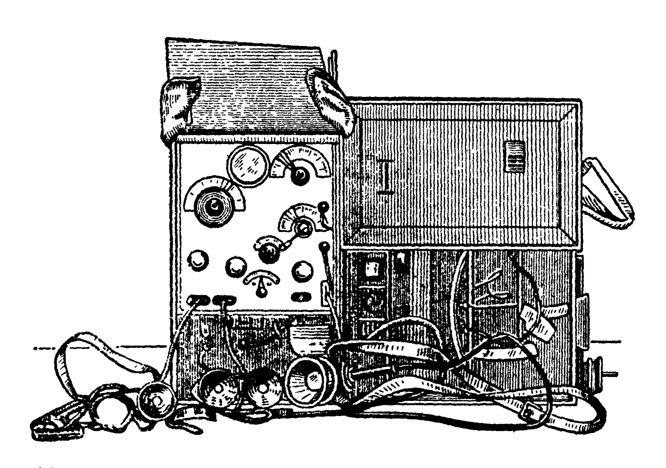
Радиолюбители-коротковолновики установили первые радиостанции в Арктике, поднимались на вершины гор, участвовали в спасении экспедиции Нобиле, экспериментировали со своими передатчиками в поездах, обслуживали связью торговые суда морского флота, учебный парусник «Вега» в плавании вокруг Европы. Они обеспечили коротковолновой связью десятки экспедиций, в том числе Памирскую и Чукотскую, поднимались со своими радиостанциями в свободном полете на аэростатах, чтобы открыть дорогу коротким волнам в авиацию. Десятки дальних связей были установлены во время этих полетов. В них принимал участие коротковолновик Н. А. Байкузов, впоследствии генерал-майор инженерно-технической службы, редактор журнала «Радио».

В 1930 г. коротковолновик Э. Т. Кренкель первым применивший короткие волны в Арктике, работая на Земле Франца Иосифа, установил связь с американской экспедицией Бэрда, находившейся вблизи Южного полюса. Было перекрыто расстояние в 20 тыс. *км*.

Сейчас на полях нашей страны работают десятки тысяч радиостанций, обеспечивающих оперативную связь с тракторными бригадами. Инициаторами применения радиосвязи в сельском хозяйстве явились также радиолюбители.

Радиолюбители работали и в области ультракоротких волн, открывая дорогу применению УКВ в различных отраслях народного хозяйства. Любители первыми применили связь на ультракоротких волнах на железнодорожном и автомобильном транспорте, в борьбе с лесными пожарами, для репортажа, в парашютном и планерном спорте.

Немало способствовали радиолюбители



Малая политотдельская радиостанция, выпущенная для обслуживания радиосвязью политотделов МТС и совхозов по предложению комсомольцев-радиолюбителей Московского радиозавода имени С. Орджоникидзе в 1935 г.

успешному развитию звукозаписи, создав ряд оригинальных конструкций звукозаписывающих аппаратов.

Уже за несколько лет до Великой Отечественной войны радиолюбительство стало мощным движением, помогавшим деятельности радиофицирующих организаций и готовившим кадры радиоспециалистов для многих отраслей народного хозяйства. К тому времени опытные радиолюбители перешли от копирования радиоаппаратуры, описание которой публиковалось в журналах, к самостоятельному конструкторскому творчеству. Этому способствовали Всесоюзные заочные радиовыставки, проводившиеся с 1935 г. Они воспитывали интерес к конструкторской работе среди радиолюбителей и стали средством широкого обмена опытом между ними.

Во время Великой Отечественной войны тысячи радистов, вышедших из рядов радиолюбителей, получили ордена и медали за доблесть, мужество и отличное выполнение боевых заданий благодаря высокому мастерству и умелому обращению с аппаратурой. Несколько сотен коротковолновиков были отличными радистами в партизанских отрядах. Многие радиолюбители стали техниками в частях связи. В своей книге «Радио — могучее средство обороны страны» маршал войск связи И. Т. Пересыпкин рассказывает о многих воинах-радистах, вышедших из числа радиолюбителей и показавших пример доблести на фронтах Великой Отечественной войны.

В военное время организации Осоавиахима подготовили десятки тысяч радистов для фронта и тыла.

Воспитанница Ташкентской школы связи Осоавиахима Елена Стемпковская добровольно ушла на фронт в качестве радистки и погибла замученная фашистами. Она была посмертно удостоена звания Героя Советского Союза. Это высокое звание присвоено также воспитаннику Осоавиахима радиолюбителю Михаилу Кравцову и многим другим радистам.

Благодаря заботе партии и правительства в послевоенные годы радиолюбительство получило новый широкий размах.

В настоящее время массовым радиолюбительским движением в нашей стране руководит Добровольное общество содействия армии, авиации и флоту (ДОСААФ).

Во многих городах страны имеются радиоклубы ДОСААФ, ставшие центрами радиолюбительской учебы, радиоспорта и конструкторско-исследовательской деятельности. Большую работу проводит среди радиолюбителей Центральный радиоклуб ДОСААФ.

Радиоклубы объединяют многочисленный радиолюбительский актив, руководят работой радиокружков, организуют курсы, ведут пропаганду радиотехнических знаний среди населения.

Большую работу проводит ДОСААФ по массовой подготовке кадров радиоспециалистов. В радиоклубах и на курсах готовятся для нужд народного хозяйства радиотелеграфисты и радиотелефонисты, радиомастера по ремонту радиоприемников, телевизоров и пр.

В последние годы началось движение за создание самодеятельных радиоклубов, без штатных работников. Число их быстро растет. Они создаются при многих первичных организациях ДОСААФ фабрик и заводов, учебных заведений, научных институтов, совхозов и колхозов.

Это важное общественное движение за создание самодеятельных радиолюбительских



На занятиях радиотелеграфного кружка в Ровенском радиоклубе ДОСААФ.

коллективов окажет несомненную помощь еще более широкому развитию радиолюбительства.

На предприятиях, в совхозах и колхозах, учреждениях, школах и техникумах, при клубах и домах культуры работают тысячи радиокружков и курсов ДОСААФ. Многие из них своей активной работой, спортивными и конструкторскими успехами, внедрением радиометодов в народное хозяйство приобретают авторитет у местных организаций и с их помощью вырастают в самодеятельные радиоклубы.

Важное значение для дальнейшего развития радиолюбительства имело создание Федерации радиоспорта СССР, федераций радиоспорта в союзных республиках и секций в областях и краях. Это приблизило радиолюбительский актив к непосредственному руководству радиолюбительским движением и должно помочь улучшению всей радиолюбительской работы.

В ряде местных радиоклубов развиваются новые хорошие начинания. В г. Шахты Ростовской обл. созданы хозрасчетные курсы при городском радиоклубе. Члены этого радиоклуба взяли обязательство подготовить 1 000 специалистов для автоматизации производства.

Областная секция радиоспорта и радиоклуб ДОСААФ Донецкой обл. создали общественную школу радиоэлектроники. Первый отряд радиоспециалистов эта школа выпустила ко дню открытия XXII съезда КПСС.

Радиолюбители-досаафовцы включились в важную работу по составлению карты электрической проводимости почв на территории СССР.

Радиолюбительство приобретает теперь еще более важное значение в свете задач, поставленных партией по политехническому обучению.

Радиолюбительство требует знания физики, электротехники, прививает любовь к ремеслам, дает практические навыки в обращении с инструментами и измерительными приборами, вооружает теорией и практикой радиоэлектроники. Оно воспитывает настойчивость, изобретательность, умение преодолевать трудности.

Все это обеспечивает советскому радиолюбительству еще бóльшую массовость и дальнейшее успешное развитие.

РАДИОСПОРТ

В январе 1925 г. сотрудник Нижегородской радиолаборатории имени В. И. Ленина и один из первых радиолюбителей Нижнего Новгорода (ныне г. Горький) закончил сборку своей коротковолновой радиостанции, получил от Губисполкома разрешение на ее эксплуатацию и начал работу в эфире с позывными Р1ФЛ, что означало: «Россия, первая, Федор Лбов». Тогда еще не было официальных позывных, и первый коротковолновик их придумал сам[1]. Передачу Р1ФЛ приняли в Шергате близ Моссула (Ирак), и весть о том, что первый русский коротковолновик услышан, облетела весь мир.

Так было положено начало самому увлекательному из всех радиолюбительских дел — советскому радиоспорту.

5 февраля 1926 г. было принято постановление Совета Народных Комиссаров «О радиостанциях частного пользования», расширявшее применение радиолюбительских установок, включая передающие радиостанции.

Этот законодательный акт открыл новую страницу радиолюбительского движения. Можно было строить передатчики и экспериментировать на коротких волнах. В Нижнем Новгороде была организована секция коротких волн, а в марте 1927 г. при Центральном совете общества друзей радио была создана центральная секция коротких волн, объединившая местные секции и отдельных коротковолновиков по СССР. ЦСКВ стала также центром обмена карточками-квитанциями (QSL), подтверждавшими любительские связи.

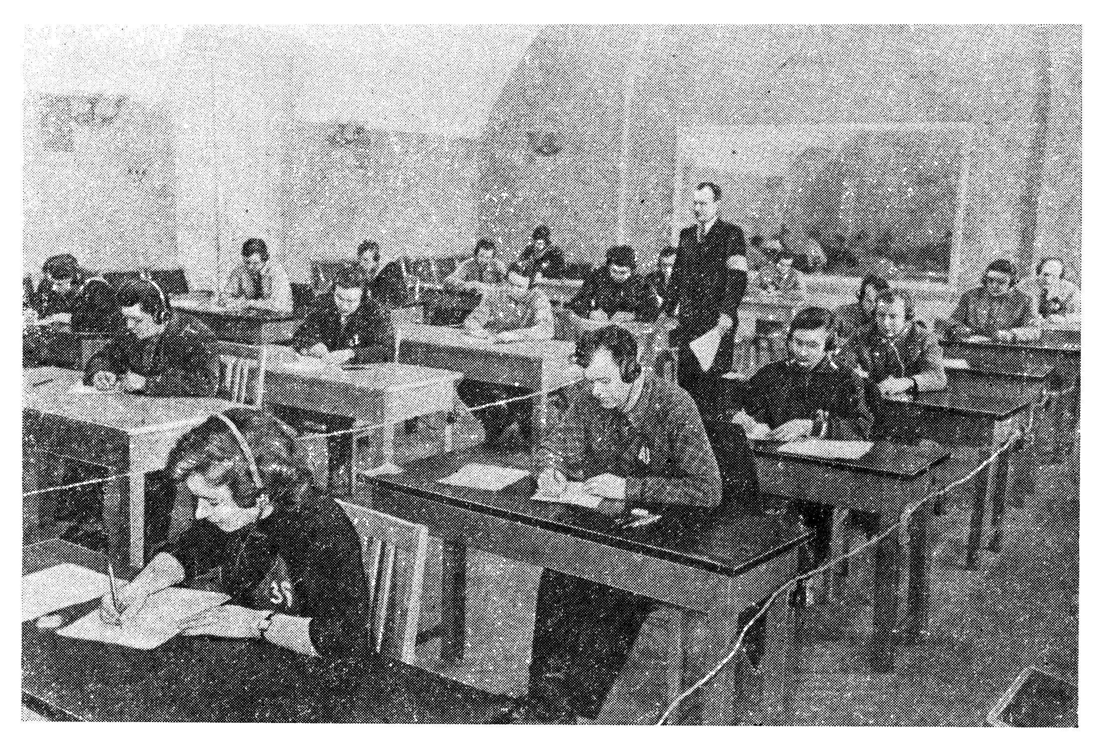
Зайдите к любому из наших коротковолновиков-радиоспортсменов, и Вы увидите на стене, около передатчика, или в альбомах множество разнообразных карточек-квитанций от советских и зарубежных коротковолновиков. На каждой из них крупно отпечатан позывной сигнал владельца любительской радиостанции. Это своеобразные визитные карточки коротковолновиков. Они свидетельствуют о спортивных успехах, рекордах и мастерстве их обладателя.

Среди карточек на видном месте можно увидеть и дипломы, присуждаемые победителям соревнований, которые часто проводятся в эфире. Они организуются по определенным правилам, с различными задачами. Но в основном это соревнования на наибольшее количество сложных и дальних связей.

Особенностью соревнований радиолюбителей-спортсменов являются поиски нового, массовые эксперименты по изучению особенностей тех или иных диапазонов или прохождения коротких волн в определенных направлениях.

---

[1] Когда в СССР были узаконены любительские позывные, Ф. А. Лбов выступал в эфире с позывными 01RA.



На Всесоюзных соревнованиях радистов в 1960 г. Прием радиограмм от руки.

Первые официальные соревнования коротковолновиков были проведены в сентябре 1927 г.

В последующие годы радиоспортсмены провели ряд соревнований. Все они были телеграфными.

В 1935 г. были проведены первые Всесоюзные радиотелефонные соревнования, получившие затем большую популярность. В этом же году руководство коротковолновым радиолюбительством было передано Центральному совету Осоавиахима, при котором были созданы Совет секций коротких волн, центральная радиостанция и бюро обмена QSL карточками. Секции коротких волн и коллективные радиостанции были организованы при всех областных, краевых и республиканских организациях Осоавиахима.

В июле 1937 г. были объявлены соревнования по установлению радиосвязи с Северным полюсом, где в это время находилась советская экспедиция. Они были проведены по предложению радиста экспедиции Э. Т. Кренкеля. Наибольшее количество двусторонних связей с радиостанцией Полюса — УПОЛ — провел ленинградец В. Салтыков.

В послевоенные годы стали проводиться соревнования, победителям которых присваиваются звания чемпионов по радиосвязи и радиоприему.

Эти звания присуждались: по радиосвязи — А. Ф. Камалягину (1947 г.), К. А. Шульгину (1948 и 1949 гг.), В. Н. Гончарскому (1950, 1957, 1958, 1960 и 1961 гг.), Л. М. Лабутину (1951, 1952, 1953 и 1954 гг.), В. Г. Желнову (1955 и 1956 гг.) и Г. И. Румянцеву (1959 г.); по радиоприему — В. В. Белоусову (1948 г.), А. И. Морозову (1949 г.), В. А. Коневскому (1950 г.), И. Хлесткову (1951 и 1955 гг.), В. П. Шейко (1952 г.), С. М. Хазану (1953 г.), Д. Д. Алексеевскому (1954 г.), Г. М. Щелчкову (1956 г.) и А. Федорову (1957 г.).

Стали традиционными всесоюзные радиотелефонные соревнования коротковолновиков, привлекающие с каждым годом все большее и большее количество участников. Советские коротковолновики принимают также участие в международных соревнованиях, добиваясь в них высоких результатов.

С каждым годом поэтому растет мастерство советских коротковолновиков. Четырехкратный чемпион ДОСААФ по радиосвязи, мастер радиолюбительского спорта москвич Л. М. Лабутин установил в 1953 г. за 12 *ч* непрерывной работы 453 двусторонние телеграфные связи с любительскими радиостанциями нашей страны. Это замечательный рекорд, так как в среднем Лабутин в течение 12 *ч* должен был иметь радиосвязь с каждым новым корреспондентом через 1 *мин* 45 *сек.*

Команда Донецкого радиоклуба установила в 1960 г. пока непревзойденный рекорд: она провела двусторонние связи с любитель-



Чемпион СССР 1961 г. по приему радиограмм с записью на пишущей машинке Н. М. Тартаковский (Киев).



Одна из сильнейших радисток-спортсменок А. Глотова, неоднократная победительница в соревнованиях по приему радиограмм от руки, чемпион 1961 г.

скими радиостанциями всех союзных республик за 1 *ч* 34 *мин.*

Ежегодно организуются Всесоюзные соревнования по приему и передаче радиограмм, в которых принимают участие десятки тысяч радистов.

Сначала проводятся лично-командные соревнования на первенство радиоклубов страны. Затем по республикам организуются республиканские соревнования, на которых определяется первенство областей и краев и выявляется сборная команда республики. Эти команды, а также сборные команды Москвы и Ленинграда выступают в заключительных Всесоюзных соревнованиях на первенство СССР по приему и передаче радиограмм. Победитель этих соревнований получает звание чемпиона ДОСААФ текущего года по приему радиограмм. Это звание завоевали: Ф. И. Ежихин (1947 г.), Ф. В. Росляков (1948, 1949 и 1953 гг.), А. Е. Веремей (1950, 1951 и 1954 гг.), И. В. Заведеев (1952 г.), Галина Патко (1955 г.), Зинаида Кубих (1956 г.) и Григорий Рассадин (1957 и 1958 гг.).

Начиная с 1959 г., личное первенство оспаривается среди радистов, ведущих прием и запись от руки («ручников») и на пишущей машинке («машинистов»).

В 1959 г. чемпионом СССР по приему радиограмм с записью на пишущей машинке стал Н. М. Тартаковский (Киев), а чемпионом по приему радиограмм с записью текстов от руки — И. Г. Лившиц (Душанбе).

В 1960 г. звание чемпиона СССР среди «машинистов» завоевал Н. М. Тартаковский (Киев), а среди «ручников» — А. Глотова (Москва). Они же остались чемпионами в 1961 г.

В 1959 г. были проведены первые Всесоюзные междуведомственные соревнования радистов по приему и передаче радиограмм.

В результате упорной трехдневной борьбы первенство завоевала команда Морского флота СССР.

В 1960 г. первенство на вторых Всесоюзных междуведомственных соревнованиях завоевала команда Военно-морского флота по приему радиограмм на машинке и от руки.

Какие же рекорды и кем установлены в нашей стране по приему радиограмм?

По приему буквенной смысловой радиограммы от руки рекорд был установлен в 1957 г. И. Г. Лившицем — 299 знаков в минуту, а по приему с записью на пишущей машинке — в 1954 г. Ф. Ф. Росляковым — 450 знаков в минуту.

Отметим, что скорость 450 знаков в минуту соответствует передаче в 1 *сек* примерно 20 точек и тире.

Растут ряды женщин-радиоспортсменок. Этому способствуют Всесоюзные соревнования женщин-коротковолновиков, проводимые на приз журнала «Радио».

Значительный размах получает в последние годы работа на УКВ.

Возможность установления дальних связей на УКВ, упрощенный порядок получения раз-

решений на эксплуатацию УКВ радиостанций, а также новые виды соревнований на УКВ («охота на лис», «полевой день») вовлекают в радиоспорт все большее количество участников, особенно молодежи. Если в первых УКВ соревнованиях на приз журнала «Радио» приняло участие 224 школьные команды, то теперь в эфире работает несколько тысяч юных ультракоротковолновиков и школьных радиостанций.

Для дальнейшего роста спортивного и технического мастерства радиолюбителей, улучшения подготовки новых кадров радиоспортсменов и повышения конструкторской деятельности радиолюбителей с 1952 г. была установлена Единая спортивно-техническая классификация радиолюбителей ДОСААФ.

С января 1962 г. Центральный совет Союза спортивных обществ и организаций СССР принял решение включить радиоспорт в Единую всесоюзную спортивную классификацию. Это большое событие для радиолюбительского движения.

Теперь нашим коротковолновикам, «охотникам на лис», радистам-операторам будут присваиваться единые спортивные звания — мастеров спорта, спортсменов первого, второго и третьего разряда. Победители первенств, рекордсмены и чемпионы станут обладателями алых чемпионских маек, золотых, серебряных и бронзовых медалей, таких же, какие сейчас мы видим у прославленных мастеров легкой атлетики, футбола, плавания и т. д.

КОНСТРУКТОРСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ

В основе радиолюбительства с самых его первых шагов лежала конструкторская работа. Радиолюбители строили, собирали и конструировали различную радиоаппаратуру и одновременно изучали радиотехнику.

Уже на первой Всесоюзной радиовыставке (1925 г.), продемонстрировавшей успехи молодой советской радиопромышленности и основные работы Нижегородской радиолаборатории, был большой отдел радиолюбительства, в котором экспонировались самодельные приемники, усилители и первые любительские передатчики.

Много экспонатов представили на выставку радиокружки союзов металлистов, совторгслужащих и образцовый радиокружок фабрики «Ява».

Несколько радиолюбителей и радиокружков было награждено жюри выставки премиями и аттестатами: Ф. А. Лбов — за коротковолновый передатчик, А. Я. Покрасов — за безантенный радиоприемник-передвижку, радиокружок завода «Серп и молот» — за передатчик и оригинальный детекторный приемник. Похвальный отзыв с премией получил кружок подмосковной Лосиноостровской школы (руководитель Е. Н. Горячкин) — за передатчик и наглядные пособия для изучения радиотехники. Некоторые кружки и радиолюбители получили похвальные грамоты.

Затем в течение нескольких лет по всей стране организуются выставки радиолюбительского творчества. Они отражают огромную работу, проводившуюся радиолюбителями по радиофикации города и деревни. В то время силами радиолюбительской общественности строились и устанавливались тысячи радиоустановок и сотни трансляционных радиоузлов. Из радиолюбительских мастерских в Туле, Киеве и Харькове создаются радиозаводы. Из небольшого производственного трудового коллектива радиолюбителей в Москве вырастает завод «Профрадио», начавший выпуск аппаратуры для трансляционных узлов и сыгравший большую роль в развитии радиофикации страны.

Но уже с начала 30-х годов руководство радиолюбительством ослабло, областные выставки проводились изредка, а Всесоюзной радиолюбительской выставки так и не было организовано.

С марта 1933 г., как уже писалось выше, руководство радиолюбительством перешло к комсомолу.

Созданный при ЦК ВЛКСМ комитет содействия радиофикации страны и развитию радиолюбительства утвердил программу радиотехминимума — основного комплекса знаний, необходимых каждому радиолюбителю, и ввел значок «Активисту-радиолюбителю». Развернулась сеть радиокружков. В крупных городах начали создаваться радиотехнические кабинеты — центры учебной, конструкторской и консультационной работы по радиолюбительству. В Ленинграде открылся радиоклуб. Нужно было организовать широкий обмен конструкторским опытом и показа того, что делают радиолюбители.

В январе 1935 г. редакция журнала «Радиофронт» выступила с предложением организовать Всесоюзную заочную радиовыставку в ознаменование 40-летия со дня изобретения радио А. С. Поповым.

Редакция выдвигала новую форму обмена радиолюбительским опытом. Идея выставки, организуемой заочно, сводилась к тому, что каждый советский радиолюбитель мог независимо от места своего жительства стать участником выставки, не посылая в Москву скон-

струированного им радиоприемника, передатчика или какого-либо другого радиоаппарата.

В Москву, в редакцию журнала, достаточно было послать описание предназначаемой для выставки конструкции, ее схему, фотографию и отзыв о ее работе.

Создавалось жюри, которое отбирало лучшие экспонаты; они премировались и затем описывались в журнале.

Предложение редакции встретило широкий отклик советской радиообщественности и было одобрено Радиокомитетом ЦК ВЛКСМ.

На Первую заочную радиовыставку было представлено 172 описания самодельных радиолюбительских конструкций из 60 городов страны; из них 15 получили премии, а 40 — грамоты.

На этой выставке преобладали приемники прямого усиления. Звукозаписывающая аппаратура была представлена одной конструкцией, а телевизионная — телевизором с зеркальным винтом Г. А. Бортновского.

Первая премия не присуждалась. Вторую премию получил Б. Н. Хитров (Томск) за разработанную им УКВ передвижку.

Всесоюзный радиокомитет одобрил инициативу журнала «Радиофронт», выдвинувшего новую форму выявления радиолюбительских достижений и обмена конструкторским опытом широких масс радиолюбителей.

Решено было проводить заочные радиовыставки ежегодно, описывая лучшие экспонаты в «Радиофронте», а по окончании первого заочного этапа выставки проводить уже очную выставку лучших радиолюбительских конструкций.

Так было положено начало Всесоюзным выставкам радиолюбительского творчества.

С каждым годом росли популярность выставок и число их участников. Например, на четвертую Всесоюзную заочную радиовыставку, проводившуюся в 1938—1939 гг., было собрано 2 328 экспонатов, а в Москву направлено 1 116. Предварительно по СССР было проведено 114 городских и районных выставок.



Зал радиоэлектронной аппаратуры для народного хозяйства.

В ознаменование 15-летия радиолюбительства в конце 1939 г. открылось Всесоюзное совещание активистов радиолюбительского движения и лучших конструкторов — участников Четвертой заочной радиовыставки. Совещание проходило в Политехническом музее, где состоялась юбилейная выставка радиолюбительского творчества. Экспонаты на эту выставку привезли с собой участники совещания.

Но особенно большие достижения продемонстрировали радиолюбители-конструкторы в послевоенный период.

На 12 Всесоюзных выставках радиолюбительского творчества (VI—XVII) рассматривалось свыше 20 тыс. описаний лучших конструкций, присланных в Москву местными выставочными комитетами, а общее количество экспонатов, представленных на послевоенные местные выставки, исчислялось десятками тысяч.

Около 4 тыс. радиолюбителей-конструкторов — участников этих выставок награждено премиями и дипломами.

Огромная работа, которая предшествует каждой Всесоюзной выставке творчества радиолюбителей-конструкторов, охватывает тысячи радиолюбителей.

Достаточно сказать, что экспонаты XVII Всесоюзной радиовыставки (1961 г.) получили предварительную оценку на 140 городских, областных и республиканских выставках, где демонстрировалось около 15 тыс. радиолюбительских конструкций.

Радиовыставки последних лет отражают не только количественный рост радиолюбительского движения. Они показывают значительное повышение знаний, инициативы и мастерства советских радиолюбителей.

Все больше расширяется круг проблем, за разработку которых смело берутся радиолюбители.

Радиолюбители — люди самых разнообразных специальностей. Среди них немало рабочих, техников и инженеров нерадиотехнических специальностей, врачей и педагогов. Обладая большим опытом конструирования ра-



XVII Всесоюзной выставки радиолюбительского творчества **ДОСААФ.**

диоаппаратуры, они являются своеобразными представителями радиотехники в своих областях народного хозяйства и часто находят полезное применение радиотехнических методов в своей работе. Радиолюбительская мысль подсказывает им неожиданное и оригинальное решение сложных технических проблем.

И неслучайно с каждым годом растет число экспонатов, поступающих на радиовыставки по разделу «Применение радиометодов в народном хозяйстве».

А XVII Всесоюзная радиовыставка уже вся шла под девизом «Радиолюбители — народному хозяйству». И она оправдала его. Из 530 экспонатов, демонстрировавшихся на ее стендах, 179 предназначалось для применения в народном хозяйстве.

Многие из них внедрены в производство и дают большой экономический эффект.

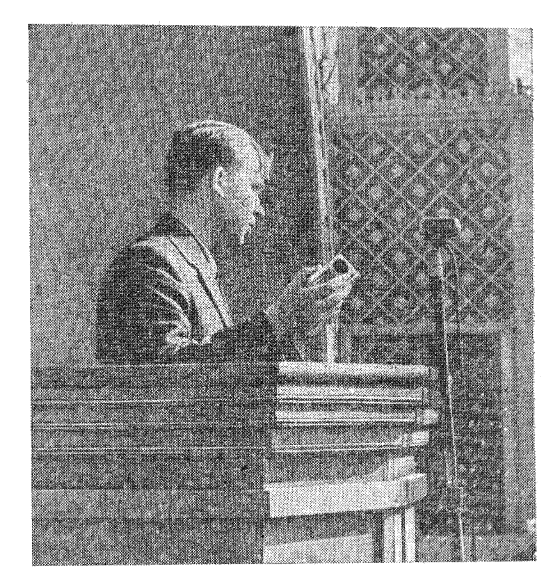
Замечательный автомат для изготовления выводов транзисторов сконструировал рижский радиолюбитель Г. В. Ахламенок (первый приз по отделу «Применение радиоэлектроники в промышленности»). Если раньше за смену изготовлялось всего несколько сотен выводов, то теперь электронно-механический автомат выпускает 20 000 этих деталей за то же время.

Экспонаты для народного хозяйства столь многообразны, что их пришлось разбивать на несколько групп.

В отделе «Применение радиоэлектроники в строительстве и коммунальном хозяйстве» первая премия была присуждена москвичу В. А. Ломановичу за электронный прибор, позволяющий определять трассы различных металлических трубопроводов и кабелей, залегающих на глубине до 10 *м*.

Конкретными делами отвечали радиолюбители на решения январского Пленума ЦК КПСС о дальнейшем подъеме сельского хозяйства. Впервые на Всесоюзной радиовыставке был открыт отдел применения радиоэлектроники в сельском хозяйстве. Здесь демонстрировались «Измеритель кислотности почв» таллинца Э. А. Юргенса (второй приз), несколько различных электровлагомеров, «Электронный прибор для измерения влажности зерна в потоке» А. А. Пикерсгиля и П. Н. Платонова (третий приз), «Установка для централизованного автоматического охлаждения и сушки кукурузы в початках» киевлянина Л. Эльгарта и другие приборы.

Немало сделано радиолюбителями по внедрению электроники в медицину. Широкую известность приобрел замечательный радиолюбитель-врач И. Т. Акулиничев, посвятивший более 20 лет конструированию медицинских электронных приборов. Его электронный прибор для диагностики болезней сердца выпускается одним из заводов медицинской аппаратуры.



Радиолюбитель-конструктор М. М. Румянцев, получивший первый приз за конструирование карманных транзисторных приемников на XVII Всесоюзной радиовыставке, выступает в День радио 1961 г. в Сокольническом парке с демонстрацией своего радиоприемника „Малыш".

На XVII Всесоюзной радиовыставке этот отдел привлек большое внимание специалистов. Целый стенд заняли в нем оригинальные диагностические приборы казанского радиолюбителя-конструктора канд. медиц. наук Г. С. Литвина (первый приз). Ряд интересных электрокардиографов и других аппаратов показала на выставке группа куйбышевских радиолюбителей, возглавляемая И. Г. Грабаренко.

На выставке демонстрировалось немало интересных и сложных КВ и УКВ радиостанций, на которых мастера радиоспорта установили тысячи двусторонних связей, портативной аппаратуры «Охотников на лис» и различной связной аппаратуры для радиоспорта. Приз Министерства связи получили УКВ радиостанции А. И. Иванова и А. В. Андреева (г. Усть-Каменогорск), сконструированные для связи в шахтах. Они имеют большое народнохозяйственное значение.

Однако и в других отделах выставки было много ценного, радующего глаз и слух, останавливающего внимание, заставляющего задуматься: мощные радиокомбайны, в которых объединены радиоприемник, телевизор, проигрыватель и магнитофон, стереофоническая установка «Киев», аппаратура для дальнего

приема телевизионных передач, стройные ряды магнитофонов, богатейший отдел измерительной аппаратуры, витрины с карманными транзисторными радиоприемниками и лучшим из них — «Малыш» москвича М. М. Румянцева (награжден призом газеты «Известия»).

Обо всем не расскажешь. Мы отметим, что эта юбилейная выставка (прошло четверть века после организации первой Всесоюзной заочной радиовыставки) была впервые подлинно всесоюзной и самой крупной из предыдущих. На ней были представлены конструкции радиолюбителей всех союзных республик, участвовали 71 радиоклуб, более 500 радиолюбителей-конструкторов, демонстрировалось 530 различных конструкций.

«Всесоюзный смотр творчества народной радиолаборатории стал блистательным триумфом технической зрелости многих тысяч радиолюбителей»,—писала о XVII радиовыставке «Экономическая газета», посвятившая ей целую полосу.

* *
*

Отличительной чертой советского радиолюбительства являются его творческий характер, самодеятельность и организованность, беззаветное служение интересам своей социалистической Родины, забота об ее техническом процветании и культурном развитии.

Наши радиолюбители по справедливому утверждению акад. А. И. Берга — это целая армия деятельных, активных творцов, объединенных и организованных, быстро растущих и ненасытно впитывающих все новое и полезное. Это наш мощный резерв, который в ближайшие годы вырастет еще во много раз.

Весь этот мощный коллектив, охваченный творческим созидательным трудом, неустанно работает над тем, чтобы советская радиотехника служила делу строительства коммунизма в нашей стране.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

В. И. Шамшур, Первые годы советской радиотехники и радиолюбительства (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1954

Исторический очерк, освещающий важнейшие этапы развития советской радиотехники, начиная с первых дней Великой Октябрьской социалистической революции и до конца первой пятилетки.

В книге излагается ленинский план радиофикации нашей Родины, рассказывается о работе Нижегородской радиолаборатории имени В. И. Ленина, о первых советских радиовещательных станциях и радиоприемниках, зарождении и развитии отечественной радиопромышленности и радиолюбительства.

А. М. Николаев, Ленин и радио, Госполитиздат, 1958.

Брошюра, написанная старым большевиком Акимом Максимовичем Николаевым, бывшим с 1918 по 1924 г. членом коллегии Наркомпочтеля и председателем Радиотехнического совета, посвящена воспоминаниям о Владимире Ильиче и его роли в развитии советского радио.

А. И. Берг и В. И. Шамшур, А. С. Попов и современная радиоэлектроника (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

Издана по поручению Оргкомитета по проведению 100-летия со дня рождения великого русского ученого, изобретателя радио А. С. Попова.

Первая глава брошюры «А. С. Попов — изобретатель радио», написанная акад. А. И. Бергом, представляет собой краткий исторический очерк жизни и деятельности великого изобретателя. В ней рассказывается также о предшественниках А. С. Попова и об оценке роли А. С. Попова в России, за границей и в Советском Союзе.

Вторая глава, написанная В. И Шамшуром, освещает современное состояние основных областей радиоэлектроники.

Ал. Емельянов, У школьных радиолюбителей, Изд. ДОСААФ, 1959.

Рассказ об опыте работы кружка радиолюбителей первичной организации ДОСААФ Потеряйковской семилетней школы Решетиловского района Полтавской обл. и его руководителе, учителе физики В. Л. Лозицком.

Ф. А. Лбов (составитель), У истоков советской радиотехники, Сборник воспоминаний работников Нижегородской радиолаборатории имени В. И. Ленина, Горьковское книжное издательство, 1959.

Книга открывается кратким историческим очерком Ф. А. Лбова о Нижегородской радиолаборатории имени В. И. Ленина и содержит следующие статьи: П. А. Остряков, «Кустарь-одиночка» (о первых опытах М. А. Бонч-Бруевича по производству радиоламп); В. Н. Листов, «Из истории советской радиотехники»; А. А. Пистолькорс, «Из воспоминаний о работе в Нижегородской радиолаборатории»; Б. А. Остроумов, «Электронные лампы Нижегородской радиолаборатории»; А. М. Кугушев, «Разработка и постройка радиотелефонной станции «Новый Коминтерн»; Г. А. Остроумов, «Облик О. В. Лосева как ученого и человека» и др.

М. И. Родовский, Александр Степанович Попов, К столетию со дня рождения, Изд. АН СССР (Научно-популярная серия), 1959.

Научно-популярный очерк жизни и деятельности А. С. Попова. В книге приводятся материалы, освещающие отношения А. С. Попова с русской научно-технической общественностью и характеризующие великого ученого как педагога и деятеля высшей школы. В заключительной главе «Памяти А. С. Попова» дается краткий обзор мероприятий русской и советской научно-технической общественности, проводившихся в связи с юбилейными датами, связанными с именем А. С. Попова, и его изобретения.

Н. В. Казанский, Радиолюбительский спорт в СССР, Изд. ДОСААФ, 1960.

Книга знакомит читателей с историей радиолюбительского спорта в СССР и его различными видами. Даются рекомендации, как проводить тренировки,

рассматриваются вопросы организации и проведения различных соревнований по радиолюбительскому спорту.

В. И. Шамшур, Ленин и развитие радио, Связьиздат, 1960.

Написанная на основе опубликованных в разное время документов и воспоминаний деятелей радиостроительства, книга рассказывает об основных этапах первых лет развития советского радио, неразрывно связанных с именем В. И. Ленина.

Изложение ведется не в хронологической последовательности документов, а по тем отраслям радиотехники, которые возникли или развивались благодаря поддержке и указаниям Владимира Ильича.

Значительное место уделено в книге деятельности Нижегородской лаборатории имени В. И. Ленина, сыгравшей огромную роль в развитии отечественной радиотехники.

Заключительная глава «По ленинскому плану» повествует о том, как воплощались в жизнь предначертания Ленина о радиофикации страны.

Радио и телевидение в СССР, Издание Государственного комитета по радиовещанию и телевидению при Совете Министров СССР, 1960.

Справочник, в котором приведены основные данные, характеризующие развитие советского радио и телевидения, содержит сведения об организации и структуре советского радиовещания. В разделе «Техника радиовещания и телевидения» рассказывается о радиостудиях и аппаратных, телецентрах и ретрансляционных станциях в СССР, о технике звукозаписи.

Статьи

Г. Шатунов, Радиотехнические знания в массы молодежи, «Радио», 1960, № 2.

В. Шамшур, Ленинские декреты о радиостроительстве, «Радио», 1960, № 3.

Б. Трамм, За дальнейшее развитие радиоспорта, «Радио», 1960, № 12.

Н. Псурцев, Радиовещание и телевидение в 1961 г., «Радио», 1961, № 1.

С. Шатилов, Патриотическое начинание досаафовцев, «Радио», 1961, № 1.

С В. Кафтанов, Дело гигантски важное, «Правда», 7 мая 1961.

Н. Псурцев, «Друг миллионов», «Известия», 6 мая 1961.

В. Чернышев, Голос правды, газета «Советская Россия», 7 мая 1961.

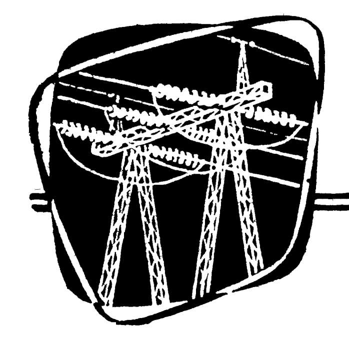
В. Поспелов и А. Пресняков, Творчество конструкторов-радиолюбителей — великая сила, «Экономическая газета», 28 мая 1961.

И. Демьянов, Ценный вклад в дело технического прогресса, «Советский патриот», 7 июня 1961.



Глава вторая

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК



ЧТО НАДО ЗНАТЬ ОБ ЭЛЕКТРОНЕ[1]

На столе стоит радиоприемник или телевизор. Это — электронные машины. В них работают электроны.

Мы повернули выключатель. Движимые напряжением осветительной сети или батарей, электроны устремились в цепи нашего аппарата. Лавины электронов пробежали по нитям накала ламп и разогрели их. Из накаленных катодов вырвались в пустоту ламп тучи освобожденных электронов и понеслись к анодам и другим электродам.

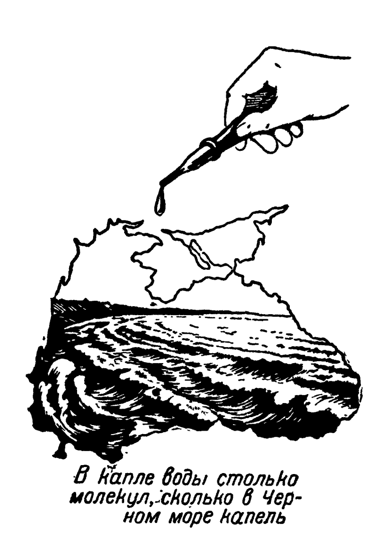
Радиоволны принимаемой станции пересекли провод антенны, и находящиеся в нем электроны пришли в движение. Они раскачали электроны в колебательных контурах, и в последних начались заряды и перезаряды конденсаторов с частотой принимаемого сигнала. Вместе с этим между пластинами конденсатора возникает электрическое напряжение, меняющее свой знак вместе с перезарядом конденсатора и изменяющее величину в соответствии с величиной заряда. Это переменное напряжение передается сеткам ламп, соединенным с конденсатором. Сетка — это тоже конденсатор. На сетку натекают электроны в моменты, когда она отрицательно заряжена, и оттекают от нее при положительном заряде. В зависимости от заряда сетки изменяется величина анодного тока лампы и т. д. От лампы к лампе, от каскада к каскаду колебания электронного потока в цепи ламп усиливаются, усиливается и принятый сигнал. Все возрастая, проходит он через приемник или телевизор и, не изменяя своей электронной сущности, доходит до последних органов электронно-лучевой трубки и громкоговорителя. В трубке одни электроны создают тонкий, как иголка, луч, изменяющийся в соответствии с сигналом, а другие электроны возбуждают магнитное или электрическое поле и заставляют луч рисовать на экране изображение. В громкоговорителе электроны, движущиеся в звуковой катушке, взаимодействуют с магнитным полем и стремятся вырваться наружу, но, не будучи в состоянии сделать это, увлекают звуковую катушку, а вместе с нею и диффузор громкоговорителя и заставляют его звучать.

Сказанное отнюдь не претендует на какую-нибудь полноту показа роли электронов в работе радиоприемника, телевизора, магнитофона, усилителя и т. п. Это просто маленькие отдельные штрихи. Неисчислимые сонмы послушных электронов трудятся в цепях и деталях радиоаппарата, для того чтобы «выдать» на его выходе — на экране трубки или в громкоговорителе — принимаемые сигналы в нужной для нашего восприятия форме.

Что же представляет собой электрон?

Каждое тело состоит из множества мельчайших частиц — молекул. Даже в небольшом количестве вещества их так много, что выражающие это число цифры нам уже ничего не говорят; мы просто не можем представить себе такое невероятно большое количество. Вот, например, капля воды. Капля — это так мало. Мы ведем счет на капли разве только лекарствам. А вот Черное море — огромное, неоглядное. Много рек впадает в него, разные страны расположены на его берегах, тысячи кораблей бороздят его поверхность, в дни штормов высоченные свинцовые валы накатываются из-за горизонта и с яростью обрушиваются на берег.

[1] Л. В. Кубаркин. Новая редакция статьи, опубликованной в журнале «Радио» № 3 за 1948 г.



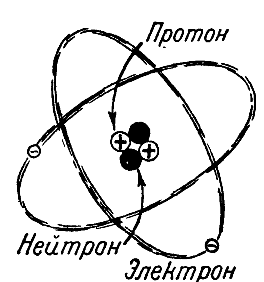
В капле воды столько молекул, сколько в Черном море капель

Много ли капель воды в Черном море? Этот вопрос любого поставит втупик. Трудно сообразить, сколько капель в стакане воды, а тут — целое море. Капля по сравнению с таким морем — величина исчезающе малая. И что даст нам такое сопоставление?

Оно даст очень многое. Дело в том, что число молекул в капле воды примерно равно числу капель воды в Черном море. Попробуйте представить себе морские просторы и каплю воды, тогда Вы сможете понять, как мала молекула и как невероятно огромна по сравнению с нею маленькая капля воды.

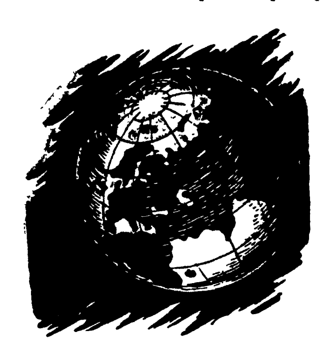
Но молекула представляет собой сложное образование. Она состоит из еще меньших атомов. Простейшая молекула состоит из двух атомов, но многие молекулы насчитывают их тысячи. Атом в свою очередь сложен. Его основой является ядро, определяющее собой род вещества, образуемого из атомов данного типа. Ядро имеет положительный заряд. Вокруг него имеются электронные оболочки. Таким образом, электроны входят составной частью в атомы. Электроны — ничтожные карлики по сравнению с молекулой или атомом.

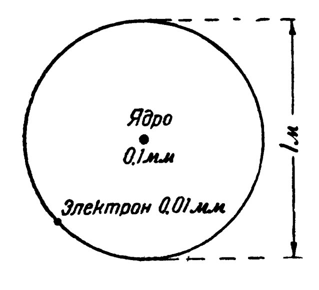
Электрон заряжен отрицательно. Заряд электрона — наименьший известный нам заряд электричества. Никто, никогда и нигде не наблюдал заряда, меньшего, чем заряд электрона. Заряд атомного ядра по знаку положителен, по величине же он равен заряду одного электрона, или двух электронов и т. д., словом, он равен заряду некоторого целого числа электронов. Поэтому определенное количество электронов всегда может полностью уравновесить заряд ядра и сделать атом в целом нейтральным. Именно такое число электронов в электронных оболочках и является нормальным для атома. Если считать, что заряд одного электрона равен единице, то заряд ядра водорода — простейшего из ядер — равен тоже единице (положительной). Поэтому ядро атома водорода удерживает около себя один электрон. У гелия заряд ядра равен двум единицам и в его атом входят два электрона. На примере урана хорошо видно, насколько сложен может быть атом: 92 электрона — по числу положительных зарядов ядра — удерживает ядро урана на своих оболочках.



Величина заряда электрона измерена очень точно. Принятой единицей величины электрического заряда является *кулон* (*к*). Заряд электрона составляет $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ *к*. Нужно взять $6{,}3 \cdot 10^{18}$ электронов, чтобы их суммарный заряд был равен 1 *к*. Это огромнейшее количество, которое не охватывается нашим сознанием. Дать какое-то представление о нем может помочь такой пример: если накопить где-то электронов на 1 *к* и начать снимать их оттуда по 1 млн. в секунду, то кулон будет исчерпан через ...200 тыс. лет!

Электрон очень мал. Если говорить строго, то мы не знаем еще действительных размеров электрона. Точно так же не следует считать его каким-то примитивным шариком. Те размеры электрона, которые приводятся в литературе, вероятнее всего характеризуют не его





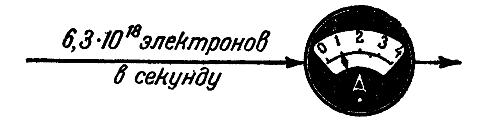
истинную величину, а лишь ту зону, в которой сильно сказываются связанные с электроном силы. Поэтому, например, сближение с электроном до пределов этой зоны уже может считаться соударением с ним. Поперечник такого условного электрона составляет примерно 10^{-12} *мм* [10^{-5} ангстрема (Å)]. Атомное ядро имеет поперечник раз в 10 больше.

Крайне малые размеры атомных ядер и электронов приводят к тому, что атом, несмотря на кажущуюся сложность (у атома урана 92 электрона), по существу пуст. Поперечник атома можно считать равным 10^{-7} *мм*, или 10^{-10} *м*. Увеличим мысленно атом в 10 млрд. раз (10^{10}). При этом поперечник атома станет равным 1 *м*. Ядро атома при таком увеличении будет иметь в поперечнике 0,1 *мм*. Точка, стоящая в конце этой фразы, имеет в поперечнике 0,4—0,5 *мм*, т. е. при подобном грандиозном увеличении ядро атома будет в 5 раз меньше этой точки. А электрон будет еще в 10 раз меньше; его без лупы не разглядишь. В результате получается, что очень большой объем шара диаметром 1 *м* занят еле заметной точкой в центре и совсем незаметными электронами у его пределов.

Как видим, атом действительно совсем пуст. Это приводит к тому, что все вещество нашего мира по существу отличается большой легкостью. Это, может быть, кажется странным, но это так. Вес электрона определен достаточно точно, он равен $9 \cdot 10^{-28}$ *г*. Вес наиболее тяжелых ядерных частиц примерно в 1 800 раз больше. Конечно, это величины исчезающе малые. Но нельзя забывать о размерах этих частиц. Если перейти от того, что мы называем весом к удельному весу, то он оказывается невероятно большим. Удельный вес ядерного вещества равен $12 \cdot 10^{13}$. Это в 100 триллионов раз больше удельного веса свинца. Кусочек такого вещества размером в 1 *мм*^{3}, т. е. кусочек размером с булавочную головку, весил бы 120 тыс. *т*.

То, что мы называем электрическим током, представляет собой движение электрических зарядов. Электрическим током является движение в равной мере как отрицательных, так и положительных зарядов, однако проявляемое ими действие противоположно. Поэтому одновременное движение в одну сторону положительного и отрицательного зарядов не представляет собой электрического тока. Таким образом, движущийся атом, полностью укомплектованный электронами, не создает электрического тока, так как число его положительных зарядов (в ядре) и отрицательных (на электронных оболочках) одинаково и взаимно уравновешивается. Для того чтобы в цепи мог возникнуть ток, надо, чтобы в ней имелись свободные заряды, могущие двигаться независимо от атомов.

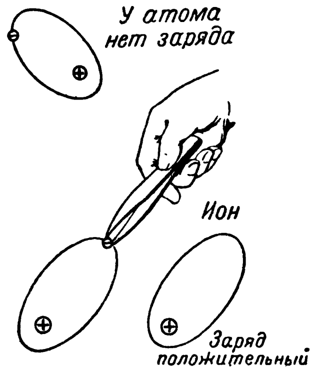
Величина тока определяется количеством зарядов, протекающих за секунду через поперечное сечение проводника. За единицу величины тока принят ампер (*а*). При токе 1 *а* через поперечное сечение проводника в секунду проходит 1 *к* электричества. Так как заряд $6{,}3 \cdot 10^{18}$ электронов составляет 1 *к*, то при токе 1 *а* по цепи в течение 1 *сек* проходит $6{,}3 \cdot 10^{18}$ электронов или каких-либо других электрических зарядов.



Откуда же эти заряды берутся?

Есть вещества, атомы которых чрезвычайно прочно удерживают нормальное для них комплектное количество электронов. Это — изоляторы. В них тока не возникает, так как ток — это движение зарядов, а свободных зарядов в изоляторах нет.

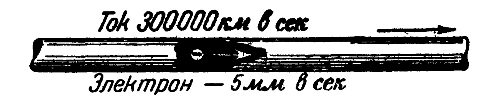
Есть большая группа веществ, главным образом металлов, атомы которых весьма легко расстаются с некоторой частью своих электронов. Для атомов таких веществ почти нормальным состоянием является такое, когда у них не хватает по крайней мере одного электрона. Это — проводники. Оторвавшиеся от атомов электроны свободно передвигаются внутри вещества и служат прекрасным материалом для образования тока. Атомы с недостающими электронами тоже представляют собой заряды, это — так называемые *ионы*, но они обычно лишены возможности свободно передвигаться, так как связаны особыми сила-



ми, поддерживающими кристаллическую структуру вещества. У жидких проводников ток образуется и электронами и ионами.

Есть еще третья группа веществ — *полупроводники*, обладающие промежуточными и часто весьма интересными и ценными свойствами в отношении образования электрического тока. Возможность образования тока в полупроводниках находится в сильной зависимости от температуры, облучения светом или иными лучами и пр.

Электрический ток распространяется в проводниках с огромной скоростью, приближающейся к скорости света (300 000 *км/сек*), но сами электроны движутся гораздо медленнее. Под током надо разуметь в данном случае скорость распространения импульса, приводящего электроны в движение. В проводах электроны передвигаются совсем медленно, их скорость составляет несколько миллиметров в секунду. В свободном пространстве, например в электронных лампах, электроны движутся со скоростью нескольких тысяч километров в секунду, а в электронно-лучевых трубках — даже нескольких десятков тысяч километров в секунду.



Мы обычно рассматриваем электрон как частицу, но в некоторых случаях он ведет себя, как волна, имеющая определенную длину. При тех скоростях электронов, которые мы обыкновенно наблюдаем, длина его волны равна примерно длине волны рентгеновых лучей, т. е. 0,005—0,000005 *мк*. Такую двойственную природу — одновременно и частица и волна — имеют и другие элементарные частицы. Суть этого явления пока не ясна.

Как известно, в последнее время установлено, что все элементарные частицы имеют своих «антиподов» — «античастицы», имеющие все данные такие же, как и ее «антипод», но в большинстве случаев другой знак. Есть античастицы и у электрона. Она носит название *позитрон*. Все данные позитрона одинаковы с данными электрона, но заряд у позитрона положительный. При соединении электрона с позитроном происходит их исчезновение — аннигиляция, сопровождающаяся выделением огромного количества энергии. Эта энергия, отнесенная к равному количеству вещества, гораздо больше, чем при делении атомных ядер и при термоядерных процессах. Нам неизвестны никакие другие процессы, при которых выделялось бы столько энергии, как при аннигиляции пары электрон — позитрон.

В заключение надо сказать, что электрон, конечно, не является простейшим конечным «кирпичиком», из которого сложено вещество. Электрон, очевидно, сам имеет сложную структуру. Проникновение в глубь электрона представляет собой одну из интереснейших проблем, стоящих перед современной физикой.

ВВЕДЕНИЕ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКУ [1]

Электрический ток и величина тока. *Электрический ток в твердых проводниках представляет собой упорядоченное движение электронов вдоль проводника.*

Электроны всегда движутся от того места, где они находятся в избытке, т. е. от минуса, туда, где имеется недостаток их, т. е. к плюсу. Однако в электротехнике принято считать, что *ток идет от плюса к минусу*. Такое направление тока было установлено совершенно условно еще до открытия электронов. Переход к истинному направлению движения электронов представляет теперь значительные трудности.

Надо отметить, что скорость перемещения электронов в проводнике весьма незначительна и измеряется всего лишь долями сантиметра или миллиметра в секунду. Зато скорость распространения тока в проводе очень велика и достигает скорости света, т. е. 300 000 *км/сек*. Если на одном конце провода возникает ток, то этот процесс передается настолько быстро, почти мгновенно, что на другом конце провода ток пойдет практически в тот же момент. А сами электроны движутся очень медленно, испытывая все время столкновения и трение о частицы провода. Поэтому те электроны, которые пришли в движение у начала провода, очень не скоро дойдут до его конца.

Ток в проводе напоминает движение воды в длинной трубке, наполненной водой, на одном конце которой находится насос. Если накачивать в трубку воду насосом, то давление очень быстро передается вдоль трубки от одних частиц воды к другим и из открытого конца трубки потечет вода. Однако вода, добавленная насосом, будет двигаться гораздо медленнее и дойдет до конца трубки через значительный промежуток времени.

Чем больше электронов проходит в 1 *сек* через поперечное сечение провода, тем больше ток. Условно ток обозначают буквой I или i и измеряют в особых единицах — *амперах* (*а*). Если ток равен 1 *а*, то это значит, что в 1 *сек* через поперечное сечение провода проходит вполне определенное количество электронов, выражающееся огромным числом, состоящим из шестерки, тройки и семнадцати нулей! Некоторое представление об этом числе дает уже приводившийся выше пример. Если все эти электроны будут проходить не сразу, а по 1 млн. в секунду, то потребуется 200 тыс. лет, чтобы они все прошли.

В обычных осветительных лампочках ток составляет несколько десятых долей ампера. В электронагревательных приборах он равен нескольким амперам, а в проводах мощных электрических линий он может быть равен тысячам ампер и больше. Однако во многих случаях, особенно в радиоаппаратуре, ток бывает гораздо меньше 1 *а*. Поэтому весьма часто применяют более мелкие единицы измерения тока — миллиампер,

[1] И. П. Жеребцов, Элементарная электротехника, Связьиздат, 1953.

равный одной тысячной доле ампера, и микроампер, равный одной миллионной доле ампера. Сокращенно миллиампер обозначают буквами *ма* и микроампер — буквами *мка*.

Напряжение и его единицы. Второй основной величиной, характеризующей электрические явления, служит *напряжение*, обозначаемое буквой U или u. Для того чтобы в каком-либо проводнике возник электрический ток, т. е. чтобы электроны пришли в движение вдоль проводника, необходимо иметь на концах этого проводника различные электрические состояния или, как принято говорить, *различные электрические потенциалы*. На одном конце должен быть избыток электронов, а на другом — недостаток их. Напряжение характеризует именно эту разницу в электрических состояниях, т. е. разность потенциалов на концах проводника. Можно сказать, что напряжение является причиной возникновения электрического тока. Ток будет протекать в проводе тогда, когда есть напряжение.

Подобно этому газ или жидкость передвигается всегда из места с более высоким давлением в место с более низким давлением, т. е. только в случае разницы в давлениях. Теплота переходит от одного тела к другому только в случае, если эти тела имеют разные температуры.

Единицей для измерения напряжения служит *вольт* (*в*). Кроме того, применяются более мелкие единицы: милливольт (*мв*), т. е. тысячная доля вольта, и микровольт (*мкв*), или миллионная доля вольта, а также более крупная единица — киловольт (*кв*), равная 1 000 *в*.

В осветительной электросети напряжение составляет 127 или 220 *в*, а в электрических линиях высокого напряжения, идущих от электростанций, напряжение достигает сотен киловольт. Зато в антенне радиоприемника под действием радиоволн, приходящих от какой-либо далекой радиостанции, создается напряжение, измеряемое всего лишь несколькими микровольтами.

Электрическое сопротивление. Различные вещества неодинаково проводят электрический ток и поэтому разделяются на проводники и диэлектрики (изоляторы). Влияние самого проводника на величину тока учитывается с помощью *электрического сопротивления*, зависящего от размеров проводника и его материала.

Сущность сопротивления заключается в том, что электроны при своем движении сталкиваются с частицами самого проводника и нагревают его.

Чем длиннее и тоньше провод, тем больше его сопротивление.

Из различных материалов наименьшим сопротивлением обладают серебро и медь. Несколько больше сопротивление у алюминия и еще больше у стали. В некоторых случаях бывает необходимо создать большое сопротивление для тока. Тогда используются провода из специальных сплавов высокого сопротивления, к которым относятся никелин, константан, манганин, нихром и др. Еще бо́льшие сопротивления делаются из угля. Нихром и некоторые другие сплавы обладают большой теплостойкостью, т. е. могут долго выдерживать высокую температуру, и поэтому применяются для электронагревательных приборов.

Для измерения сопротивлений служат единицы: *ом*, *килоом*, равный 1 000 *ом*, и *мегом*, равный 1 млн. *ом*. Эти единицы имеют сокращенные обозначения: *ом*, *ком* и *Мом*.

Мощность и работа тока. Электрический ток может производить работу, т. е. энергия тока может превращаться в какую-либо другую энергию, например в тепловую, световую, механическую. В электрорадиотехнике принято оценивать работоспособность тока по величине его мощности, которая обозначается буквой P.

Мощность — это работа, совершаемая в 1 сек. Иначе можно сказать, что мощность есть расход электрической энергии в 1 *сек*.

Единицей измерения мощности является 1 *ватт* (*вт*).

Мощность тока, равная одному ватту, есть мощность тока в один ампер при напряжении в один вольт.

Чем больше напряжение и чем больше ток, тем больше мощность. Поэтому для расчета величины мощности тока нужно умножить напряжение в вольтах на ток в амперах. Иначе говоря, ватты равны вольтам, умноженным на амперы:

$$P = UI.$$

Например, если при напряжении 120 *в* через некоторое сопротивление проходит ток 3 *а*, то мощность тока в этом сопротивлении будет составлять 360 *вт*.

Часто бывает необходимо подсчитать мощность тока, когда неизвестны ток или напряжение, но известно сопротивление. Тогда нужно сначала определить по величине сопротивления ток или напряжение с помощью закона Ома, а затем уже рассчитывать мощность. Заменяя в основной формуле для мощности ток или напряжение по формуле Ома, можно получить еще две удобные формулы для расчета мощности:

$$P = I^2R, \text{ или } P = \frac{U^2}{R}.$$

Эти две формулы очень часто применяются для практических расчетов. Смысл их понять нетрудно.

Действительно, если, например, ток увеличился в 2 раза, то ясно, что это может получиться только благодаря повышению напряжения в 2 раза. Но если в 2 раза увеличились и напряжение и ток, то мощность возрастает в 4 раза, т. е. в квадрате по сравнению с увеличением тока.

При увеличении сопротивления для сохранения неизменной величины тока необходимо соответствующее увеличение напряжения. Во столько же раз возрастет и мощность, так как в этом случае увеличивается лишь одно напряжение, а ток остается постоянным.

Если напряжение, действующее на некоторое постоянное сопротивление, увеличить в несколько раз, то во столько же раз возрастет и ток. Значит, мощность возрастет в квадрате, так как напряжение и ток увеличились в одинаковое число раз. Но если при неизменном напряжении увеличить сопротивление, то соответственно уменьшится ток, а следовательно, мощность также уменьшится. Поэтому во второй формуле сопротивление стоит в знаменателе.

Рассмотренные две формулы для расчета мощности как будто противоречат друг другу: по одной из них мощность при увеличении сопротивления увеличивается, а по другой — уменьшается. Но это противоречие только кажущееся, так как первый случай соответствует постоянному току, а второй — постоянному напряжению.

Для иллюстрации приведем следующие примеры. Пусть требуется найти мощность тока 0,2 *а*, протекающего через сопротивление 1 000 *ом*. Решение можно произвести двумя способами.

Найдем напряжение по закону Ома. Оно равно:

$$U = 0{,}2 \cdot 1\,000 = 200 \text{ в}.$$

Теперь определим мощность:

$$P = 200 \cdot 0{,}2 = 40 \text{ вт}.$$

То же можно получить по формуле

$$P = 0{,}2^2 : 1\,000 = 0{,}2 \cdot 0{,}2 \cdot 1\,000 = 40 \text{ вт}.$$

Рассмотрим еще пример на определение мощности тока в лампочке, имеющей сопротивление 200 *ом*, которая питается напряжением 100 *в*.

Проще всего применить формулу

$$P = \frac{100^2}{200} = 50 \text{ вт}.$$

Но можно сначала найти ток:

$$I = \frac{100}{200} = 0{,}5 \text{ а},$$

а затем уже найти мощность по основной формуле:

$$P = 100 \cdot 0{,}5 = 50 \text{ вт}.$$

Иногда необходимо проделать обратный расчет, а именно: зная мощность, найти ток или напряжение.

Например, пусть нужно определить ток в лампочке, имеющей мощность 300 *вт* при напряжении 120 *в*.

Так как мощность есть произведение напряжения на ток, то ясно, что для нахождения тока надо мощность разделить на напряжение:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{300}{120} = 2{,}5 \text{ а}.$$

Кроме основной единицы мощности ватта, часто применяются еще следующие единицы: киловатт (*квт*), гектоватт (*гвт*), милливатт (*мвт*) и микроватт (*мквт*), соответственно равные 1 000 *вт*, 100 *вт*, 0,001 *вт* и 0,000001 *вт*.

Работа электрического тока или расход электрической энергии измеряются единицами, в которых за основу взяты единицы мощности и вместе с тем учитывается время прохождения тока. Мощность есть работа за 1 *сек*, а величина работы тока может соответствовать любому промежутку времени, в течение которого шел ток. Чем больше времени идет ток, тем больше величина работы.

Основной единицей работы тока является ватт-секунда (*вт·сек*), т. е. работа тока мощностью 1 *вт* в течение 1 *сек*. Эта единица слишком мала, так как обычно ток идет не 1 *сек*, а продолжительное время. Более крупной единицей служит ватт-час (*вт·ч*), равный работе тока мощностью 1 *вт* в течение 1 *ч*. Час имеет 60 *мин* по 60 *сек*, т. е. всего 3 600 *сек*. Поэтому 1 *вт·ч* составляет 3 600 *вт·сек*.

Особенно широко применяются еще более крупные единицы: гектоватт-час (*гвт·ч*) и киловатт-час (*квт·ч*). Один гектоватт-час составляет 100 *вт·ч*, а киловатт-час в 10 раз больше и равен 1 000 *вт·ч*.

Постоянные магниты и их свойства. Уже давно было установлено, что некоторые сорта железной руды обладают способностью притягивать к себе стальные предметы. Это явление было названо *магнетизмом*, а куски железной руды, обладающие магнитными свойствами, назвали магнитами. Если натереть таким естественным магнитом кусок закаленной стали, то последний сам становится магнитом. На практике применяют именно такие стальные или *искусственные магниты*. В настоящее время сильные магниты делают путем намагничивания закаленной стали электрическим током.

Вещества, притягивающиеся к магниту, называются *ферромагнитными*. К ним относятся сталь, никель, а также многие сплавы. Закаленная сталь сохраняет долго свои магнитные свойства и поэтому может служить *постоянным магнитом*. Мягкая сталь после прекращения намагничивания почти полностью теряет магнитные свойства и у нее остается лишь небольшой *остаточный магнетизм*.

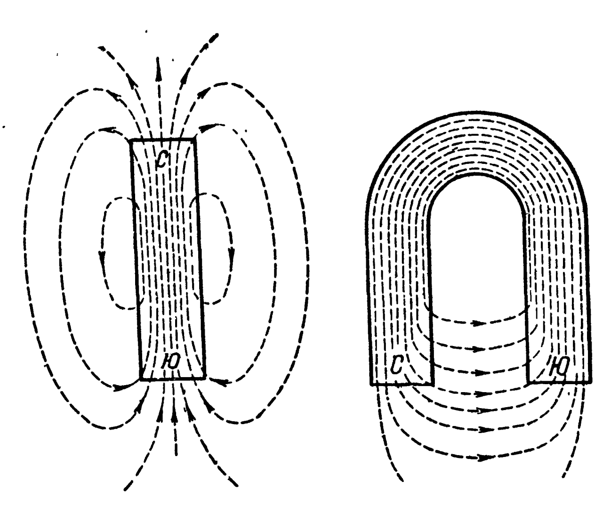


Рис. 1. Магнитное поле прямого и подковообразного магнитов.

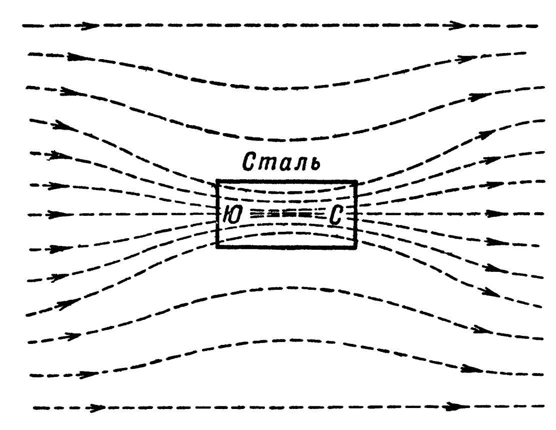


Рис. 2. Намагничивание стали в магнитном поле.

Рассмотрим основные свойства постоянных магнитов.

Каждый магнит притягивает ферромагнитные предметы наиболее сильно на своих концах, называемых полюсами. Магнит, подвешенный на нитке или укрепленный на вертикальной оси, всегда стремится одним своим полюсом повернуться на север. Этот полюс магнита называют *северным полюсом* и обозначают большой буквой С. Второй полюс называется *южным* и обозначается буквой Ю.

Взаимодействие магнитов происходит так, что одинаковые полюсы, т. е. северный с северным или южный с южным, *отталкиваются*, а различные полюсы, т. е. южный с северным, *притягиваются*.

Северный и южный магнитные полюсы всегда получаются одновременно на концах каждого магнита. Отдельно получить один из магнитных полюсов невозможно.

Материальная среда вокруг магнита, в которой действуют магнитные силы, называется *магнитным полем*. Магнит притягивает к себе ферромагнитные предметы не только через воздух, но и через многие другие вещества, как, например, через стекло, картон, медь, воду, а также через разреженное безвоздушное пространство. Таким образом, магнитное поле образуется вокруг магнита в любых веществах и представляет собой особую форму материи. По мере удаления от магнита поле постепенно ослабевает.

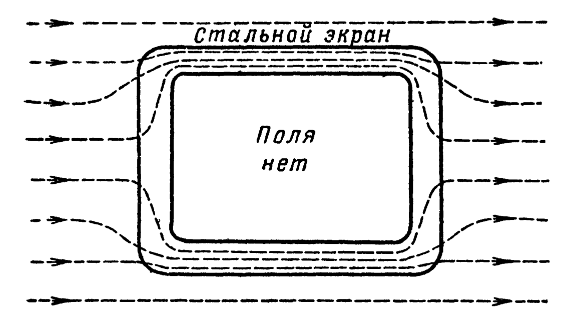


Рис. 3. Магнитное экранирование.

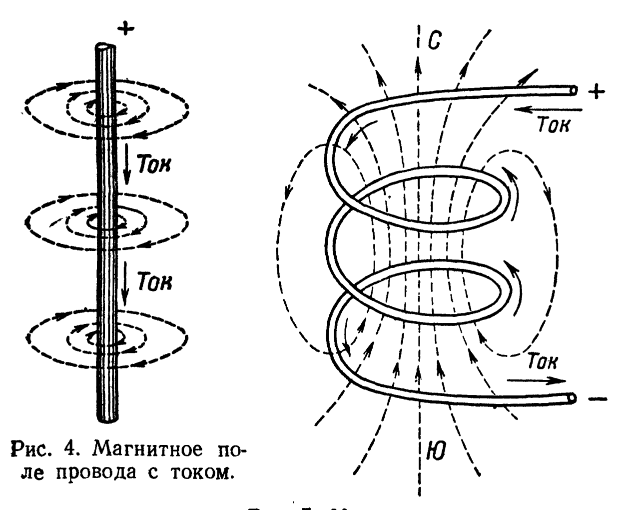


Рис. 4. Магнитное поле провода с током.

Рис. 5. Магнитное поле катушки с током.

Магнитные силы действуют в магнитном поле по определенным направлениям, которые называются *магнитными силовыми линиями*. Условились считать, что магнитные силовые линии во внешнем пространстве идут от *северного полюса к южному*. Они являются замкнутыми линиями и продолжаются внутри магнита.

На рис. 1 показаны силовые линии магнитного поля для прямого или подковообразного магнита. Все силовые линии данного магнита составляют его *полный магнитный поток*.

Если в магнитное поле поместить какой-либо предмет из стали или другого ферромагнитного материала, то он под действием поля сам намагничивается. При этом силовые линии поля как бы пронизывают этот предмет (рис. 2). Сталь как бы втягивает в себя магнитные силовые линии и поэтому может служить для защиты от действия магнитного поля, т. е. может быть *магнитным экраном*.

Когда нужно защитить какой-либо прибор от внешнего магнитного поля, то этот прибор следует окружить со всех сторон экраном из мягкой стали. Тогда магнитный поток пройдет по экрану и не попадет в пространство внутри экрана (рис. 3).

По современным воззрениям молекулы ферромагнитных материалов представляют собой микроскопические магнитики. В ненамагниченном предмете они расположены в беспорядке, но под действием магнитного поля многие из них поворачиваются своими северными полюсами в одну сторону, а южными полюсами — в другую. Поэтому на концах предмета образуются полюсы. Молекулярные магнитики, повернувшись и «выстроившись» в определенном порядке, в закаленной стали остаются в таком положении после прекращения действия намагничивающего поля, а в мягкой стали почти все снова принимают прежнее беспорядочное расположение и магнетизм почти полностью исчезает.

Постоянные магниты размагничиваются от ударов и толчков, а также от нагревания, так как от этого нарушается правильный порядок расположения элементарных магнитиков.

Всякий ферромагнитный предмет можно намагнитить лишь до некоторого предела, называемого *магнитным насыщением*, после чего дальнейшее усиление магнитного поля уже не будет вызывать заметного увеличения магнетизма. Это означает, что уже все молекулярные магнитики повернулись и стали в строгом порядке вдоль силовых линий поля. При более слабом намагничивании часть магнитиков остается в беспорядке.

Для изготовления очень сильных постоянных магнитов последнее время применяют особые сорта стали, содержащие примеси других металлов, например алюминиево-никелевую сталь и др.

Электромагниты и их применение. Еще в прошлом веке было установлено, что вокруг провода с электрическим током образуется магнитное поле, причем его силовые линии имеют вид колец, охватывающих провод (рис. 4). Чем сильнее ток, тем сильнее магнитное поле вокруг провода.

Чтобы получить с помощью электрического тока более сильное магнитное поле, применяют катушки из проволоки. Тогда магнитные поля отдельных витков катушки складываются и их силовые линии как бы сливаются в один общий магнитный поток. Магнитное поле катушки очень напоминает поле постоянного магнита. На конце катушки, по которому ток идет по часовой стрелке, получается южный полюс, а на другом конце — северный полюс (рис. 5). Изменив направление тока, можно изменить направление магнитного потока, и тогда магнитные полюсы на концах катушки переменятся.

Магнитный поток катушки усиливается во много раз, если в катушку вставить стальной сердечник. Это объясняется тем, что сталь под действием поля намагничивается и создает добавочный магнитный поток, более сильный, чем поле самой катушки (рис. 6).

Катушка со стальным сердечником называется *электромагнитом*. Чем больше число витков катушки электромагнита и ток в ней, тем больше магнитный поток и тем сильнее электромагнит. Принято говорить, что магнитный поток в электромагните тем сильнее, чем больше число ампер-витков, т. е. произведение

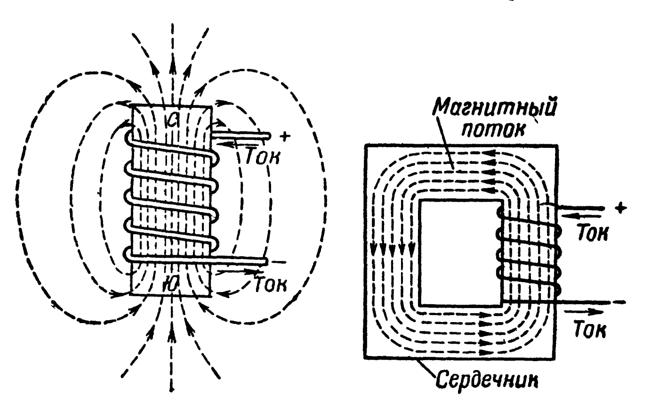


Рис. 6. Магнитный поток катушки с прямым сердечником.

Рис. 7. Магнитный поток в замкнутом сердечнике.

тока в амперах на число витков. Например, один и тот же магнитный поток можно получить, если взять катушку в 50 витков с током 10 *а* или если ток 1 *а* пропустить через катушку в 500 витков. В обоих случаях электромагнит имеет 500 ампер-витков.

Магнитный поток в электромагните зависит также от конструкции сердечника. Для увеличения магнитного потока нужно, чтобы силовые линии по возможности не шли по воздуху, так как воздух имеет большое *магнитное сопротивление* для силовых линий. Наиболее сильный магнитный поток получится в замкнутом сердечнике (рис. 7). В нем силовые линии на всем своем пути идут по стали, у которой магнитное сопротивление во много раз меньше, чем у воздуха.

Даже небольшой воздушный зазор в таком замкнутом сердечнике резко увеличивает магнитное сопротивление и уменьшает магнитный поток. Нельзя также брать сердечник с недостаточной площадью поперечного сечения, так как тогда может наступить магнитное насыщение и при дальнейшем увеличении ампер-витков магнитный поток уже не будет усиливаться.

Важную роль играет материал сердечника. Сердечник из закаленной стали намагничивается гораздо слабее, чем сердечник из мягкой стали, но зато после выключения тока он остается намагниченным. Таким способом теперь изготовляют постоянные магниты.

Мягкая сталь, а также некоторые ферромагнитные сплавы имеют наименьшее магнитное сопротивление для силовых линий и в них получается наиболее сильный магнитный поток. Но зато они обладают весьма малым остаточным магнетизмом и при выключении тока почти полностью размагничиваются. Сердечники электромагнитов делаются именно из таких материалов, и поэтому электромагниты являются временными магнитами: они действуют только в течение того времени, пока идет ток в обмотке. Во многих случаях это свойство электромагнитов является весьма ценным.

ПРОВОДНИКИ И ИЗОЛЯТОРЫ[1]

Разнообразны материалы, применяемые в электротехнике. Некоторые элементы периодической системы Менделеева используются в электротехнике в чистом виде. Другие входят в различные химические соединения, важные для электротехники. Трудно назвать материал, который бы не относился к «строительным материалам электротехники». Можно выделить две большие группы материалов: те, у которых удельное электросопротивление измеряется *микроомами*,— это *проводники*, и материалы, имеющие удельное электросопротивление выше миллиона мегом, называемые *изоляторами* или *диэлектриками*.

Деление всех окружающих нас материалов на проводники и изоляторы возникло впервые 300 лет назад. Физики того времени исследовали электризацию трением и установили, что «...янтарь, шелк, волосы, смолы, стекло, сера, каучук, фарфор не проводят электричества, а металлы, уголь, живые ткани растений, наоборот, электричество передают».

Но как всякая классификация, так и это деление всех материалов иа изоляторы и проводники электричества относительно и не всегда справедливо.

Стекло к примеру при комнатной температуре относится к хорошим изоляторам. Но при красном калении оно довольно хорошо проводит ток.

Природа электрической проводимости. Ток проводимости — это движение заряженных частиц, а такими частицами могут быть электроны и заряженные атомы, т. е. атомы, у которых недостает одного или более электронов или, наоборот, имеется избыток электронов. Нейтральные атомы остаются неподвижными под действием электрических сил, а заряженные ускоряются пропорционально их заряду и обратно пропорционально их массе. Эти заряженные атомы называются *ионами* (по-гречески это значит странниками). Атомы с недостачей электронов — ионы положительные, атомы с избытком электронов — ионы отрицательные.

В металлах имеется много не связанных с атомами электронов; самые слабые электрические силы приводят эти электроны в движение. Поэтому металлы хорошо проводят ток и такая проводимость называется *электронной*.

Кроме металлов, электронной проводимостью обладают и некоторые соединения, например сернистая медь.

В стекле, бумаге, фарфоре таких полусвободных электронов при комнатной температуре нет. Эти вещества могут проводить ток только за счет движения ионов. *Ионной проводимостью* обладают также обычная поваренная соль и многие другие материалы.

Есть еще вещества со *смешанной проводимостью*; это такие, в которых ток переносится и ионами и электронами.

Когда вещество раскалено и оно светится, многие из его атомов ионизированы. В таком состоянии вещество не является изолятором. Чем прочнее химическое соединение, чем более высокая температура нужна для его разложения, тем лучше оно может работать как изолятор. Окись алюминия, например, может служить изолятором при температурах около 1 000° С. Окисью алюминия изолируют вольфрамовые подогреватели для катодов электронных ламп. Но при еще более высоком нагреве и этот материал проводит ток. При очень высоких температурах нет электрических изоляторов, как нет и химических соединений, существуют одни только проводники. Правда, довольно плохие проводники с высоким электросопротивлением.

Но вернемся снова в область комнатных температур.

Вода, очень хорошо очищенная,— это почти изолятор. Но достаточно малейших загрязнений, чтобы вода стала проводником. В замерзшем же виде даже загрязненная вода становится довольно хорошим изолятором. Можно прокладывать по снегу голые высоковольтные провода, и утечки тока почти не будет.

Вода с растворенными в ней соединениями называется *электролитом*. В электролитах свободных электронов не бывает, а ток в электролитах проводится ионами. Поэтому ионную проводимость часто называют еще *электролитической проводимостью*.

Электролитическая проводимость всегда связана с переносом вещества. Отрицательные ионы движутся к положительному полюсу — аноду, а положительные ионы к отрицательному полюсу — катоду.

Окружающий нас мир в своем естественном состоянии — в значительной части мир изоляторов. К ним относятся все газы, большинство горных пород, сухая древесина.

Впрочем, надо заметить, что при очень высоких электрических напряжениях все без исключения изоляторы становятся проводниками. В них происходит пробой. Связь между частицами нарушается. В сильных электрических полях нет изоляторов.

Но существуют непроводники и неизоляторы. Это полупроводники. О них Вы прочтете в гл. 7.

---

[1] Г. И. Бабат, Электричество работает, Госэнергоиздат, 1949.

В КАКУЮ СТОРОНУ ТЕЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК[1]?

Можно ли ответить на этот вопрос?

В отдаленные времена, когда физики изучали сравнительно очень узкий круг известных им электрических явлений, были введены понятия положительного и отрицательного электричества. Знак плюс присвоили «стеклянному» электричеству — тому электрическому заряду, который возникает на стекле в результате натирания его шелком. Отрицательным электричеством стали считать «сургучное» — заряд, возникающий на сургуче, натертом шерстью. В дальнейшем условились считать, что электрический ток течет от плюса к минусу.

Такая терминология оказалась удобной. Она устраивала и физиков и техников и сохранилась до наших дней. На ее базе сформулированы все основные законы, правила и зависимости учения об электричестве.

Однако несоответствие подобной терминологии физической сущности электрических явлений стало очевидным уже в последние годы прошлого столетия, когда были открыты электроны. Это открытие доказало, что электрический ток имеет «зёрнистую» структуру и представляет собой поток мельчайших отрицательных зарядов — электронов. Электроны движутся от минуса к плюсу, т. е. в направлении, обратном тому, какое было установлено на заре электротехники.

Это породило двойственность и путаницу. Во многих случаях, когда речь шла о направлении тока, приходилось специально оговаривать, как понимать направление: «по току» или «по электронам». Особенно болезненно эта терминологическая двойственность чувствуется в радиотехнике, где для уяснения работы схем и приборов часто бывает необходимо учитывать именно направление движения электронов. Например, в какую сторону «проводит» электронная лампа? Если считать «по току», то лампа проводит от анода к катоду, а если «по электронам», то от катода к аноду.

Часто высказывается мысль о необходимости устранить двойственность терминологии и установить единообразие в представлении о направлении тока.

Можно ли осуществить подобное единообразие?

Это сделать не так легко, как кажется. Конечно, нетрудно изъять из всей выходящей литературы упоминание об электрическом токе в его старом толковании и ввести... А что же ввести? Направление движения электронов? А почему именно электронов? Мы теперь знаем, что электрический ток есть движение электрических зарядов, к которым относятся и электроны, и протоны, и ионы, и «дырки» Электроны и отрицательные ионы движутся от нашего условного минуса к столь же условному плюсу, а положительные ионы, протоны и «дырки» движутся в обратном направлении. Можно составить цепь из металлических проводников, гальванических элементов, полупроводниковых выпрямителей и т. п., в отдельных участках которой электрические заряды, образующие электрический ток, будут двигаться в противоположных направлениях. Что принять за направление тока в полупроводниковом диоде, в котором электроны движутся в одном направлении, а «дырки» — в обратном?

Как видим, вопрос о направлении тока не так-то прост.

ПРОХОДИТ ЛИ ТОК ЧЕРЕЗ КОНДЕНСАТОР?[2]

Проходит электрический ток через конденсатор или не проходит?

Повседневный радиолюбительский опыт убедительно говорит, что постоянный ток не проходит, а переменный проходит. Это легко подтвердить опытами. Можно зажечь лампочку, присоединив ее к сети переменного тока через конденсатор. Громкоговоритель или телефонные трубки будут продолжать работать, если их присоединить к приемнику не непосредственно, а через конденсатор.

Конденсатор представляет собой две или несколько металлических пластин, разделенных диэлектриком. Этим диэлектриком чаще всего бывает слюда, воздух или керамика, являющиеся наилучшими изоляторами. Вполне естественно, что постоянный ток не может пройти через такой изолятор. Но почему же проходит через него переменный ток? Это кажется тем более странным, что такая же самая керамика в виде, например, фарфоровых роликов прекрасно изолирует провода переменного тока, а слюда прекрасно выполняет функции изолятора в паяльниках, электроутюгах и других нагревательных приборах, исправно работающих от переменного тока.

---

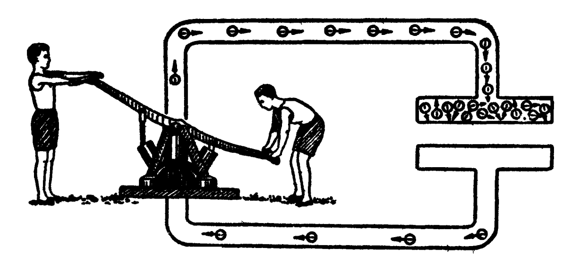
[1] и [2] Л. В. Кубаркин и Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника, Госэнергоиздат. 1956.

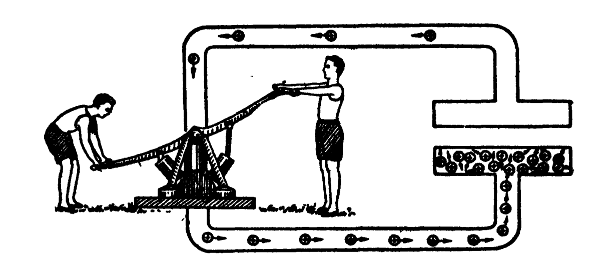
Посредством некоторых опытов мы могли бы «доказать» еще более странный факт: если в конденсаторе заменить диэлектрик со сравнительно плохими изоляционными свойствами другим диэлектриком, который является лучшим изолятором, то свойства конденсатора изменятся так, что прохождение переменного тока через конденсатор будет не затруднено, а, наоборот, облегчено. Например, если включить лампочку в цепь переменного тока через конденсатор с бумажным диэлектриком и затем заменить бумагу таким прекрасным изолятором, как стекло или фарфор такой же толщины, то лампочка начнет гореть ярче. Подобный опыт позволит прийти к заключению, что переменный ток не только проходит через конденсатор, но что он к тому же проходит тем легче, чем лучшим изолятором является его диэлектрик.

Однако, несмотря на всю кажущуюся убедительность подобных опытов, электрический ток — ни постоянный, ни переменный — через конденсатор не проходит. Диэлектрик, разделяющий пластины конденсатора, служит надежной преградой на пути тока, каким бы он ни был — переменным или постоянным. Но это еще не означает, что тока не будет и во всей той цепи, в которую включен конденсатор.

Конденсатор обладает определенным физическим свойством, которое мы называем емкостью. Это свойство состоит в способности накапливать на обкладках электрические заряды. Источник электрического тока можно грубо уподобить насосу, перекачивающему в цепи электрические заряды. Если ток постоянный, то электрические заряды перекачиваются все время в одну сторону.

Как же будет вести себя в цепи постоянного тока конденсатор? Наш «электрический насос» будет качать заряды на одну его обкладку и откачивать их с другой обкладки. Способность конденсатора удерживать на своих обкладках (пластинах) определенную разницу количества зарядов и называется его емкостью. Чем больше емкость конденсатора, тем больше электрических зарядов может быть на одной обкладке по сравнению с другой.





В момент включения тока конденсатор не заряжен — количество зарядов на его обкладках одинаково. Но вот ток включен. «Электрический насос» заработал. Он погнал заряды на одну обкладку и начал откачивать их с другой. Раз в цепи началось движение зарядов, значит в ней начал протекать ток. Ток будет течь до тех пор, пока конденсатор не зарядится полностью. По достижении этого предела ток прекратится.

Следовательно, если в цепи постоянного тока есть конденсатор, то после ее замыкания ток в ней будет течь столько времени, сколько нужно для полного заряда конденсатора.

Если сопротивление цепи, через которую заряжается конденсатор, сравнительно невелико, то время заряда оказывается очень коротким: оно длится ничтожные доли секунды, после чего течение тока прекращается.

Иное дело в цепи переменного тока. В этой цепи «насос» перекачивает электрические заряды то в одну, то в другую сторону. Едва создав на одной обкладке конденсатора превышение количества зарядов по сравнению с количеством их на другой обкладке, насос начинает перекачивать их в обратном направлении. Заряды будут циркулировать в цепи непрерывно, значит в ней, несмотря на присутствие не проводящего ток конденсатора, будет существовать ток — ток заряда и разряда конденсатора.

От чего будет зависеть величина этого тока?

Под величиной тока мы понимаем количество электрических зарядов, протекающих в единицу времени через поперечное сечение проводника. Чем больше емкость конденсатора, тем больше зарядов потребуется для его «заполнения», значит тем сильнее будет ток в цепи. Емкость конденсатора зависит от величины пластин, расстояния между ними и рода разделяющего их диэлектрика, его диэлектрической проницаемости. У фарфора диэлектрическая проницаемость больше, чем у бумаги, поэтому при замене в конденсаторе бумаги фарфором ток в цепи увеличивается, хотя фарфор является лучшим изолятором, чем бумага.

Величина тока зависит также от его частоты. Чем выше частота, тем больше будет ток. Легко понять, почему это происходит, представив себе, что мы наполняем водой через трубку сосуд емкостью, например, 1 *л* и затем выкачиваем ее оттуда. Если этот процесс будет повторяться 1 раз в секунду, то по трубке в секунду будет проходить 2 *л* воды: 1 *л* в одну сторону и 1 *л* — в другую. Но если мы удвоим частоту процесса: будем наполнять и опорожнять сосуд 2 раза в секунду, то по трубке в секунду пройдет уже 4 *л* воды — увеличение частоты процесса при неизменной емкости сосуда привело к соответствующему увеличению количества воды, протекающей по трубке.

Из всего сказанного можно сделать следующие выводы: электрический ток — ни постоянный, ни переменный — через конденсатор не проходит. Но в цепи, соединяющей источник переменного тока с конденсатором, течет ток заряда и разряда этого конденсатора. Чем больше емкость конденсатора и выше частота тока, тем сильнее будет этот ток.

Эта особенность переменного тока чрезвычайно широко используется в радиотехнике. На ней основано и излучение радиоволн. Для этого мы возбуждаем в передающей антенне высокочастотный переменный ток. Но почему же ток течет в антенне, ведь она не представляет собой замкнутую цепь? Он течет потому, что между проводами антенны и противовеса или землей существует емкость. Ток в антенне представляет собой ток заряда и разряда этой емкости, этого конденсатора.

СКОЛЬКО ВОЛЬТ В СЕТИ?[1]

Странный вопрос! — может сказать читатель. Всем известно, сколько: 120 *в*. А если говорить совершенно точно, то 127 *в*.

Так ли это?

Мы с вами собрали выпрямитель по самой простой схеме; она показана на рис. 1. В схеме нет трансформатора, нет никакого повышения напряжения. Поэтому мы вправе ожидать, что напряжение на выходе выпрямителя, работающего без нагрузки, будет равно напряжению сети, т. е. 127 *в*.

Выпрямитель включен в сеть. Берем высокоомный вольтметр постоянного тока и присоединяем его к выходным зажимам выпрямителя. Вольтметр показывает... 179 *в*!

Откуда взялись эти 179 *в*? Может быть в сети получилось случайное перенапряжение. Ведь бывает иногда, что осветительные лампочки горят чрезмерно ярко, с явным перекалом. Попробуем для проверки осторожно включить в сеть 127-вольтовую электроплитку (рис. 2). Как она будет накаливаться?

Включили. Никаких намеков на перекал. Плитка нормально светится оранжево-красным накалом. Судя по накалу плитки, в сети нормальное напряжение 127 *в*.

Откуда же взялось такое высокое напряжение на выходе выпрямителя?

Попробуем для проверки измерить его другим способом. Соберем схему мостика из выпрямительных элементов и присоединим к ней наш высокоомный вольтметр, как показано на рис. 3. Тщательно проверив схему, снова включаем ее в сеть. Получаем новую цифру... 114 *в*!

Это становится занимательным. Что ни замер, то новая цифра. Испытаем еще одну схему. Мы только что производили измерение, пользуясь двухполупериодной схемой (рис. 3); соберем теперь однополупериодную схему (рис. 4) выпрямления.

Собрали, проверили, включили... 57 *в*! Стрелка вольтметра не желает двигаться дальше, но наша контрольная плитка продол-

179в

Рис. 1.

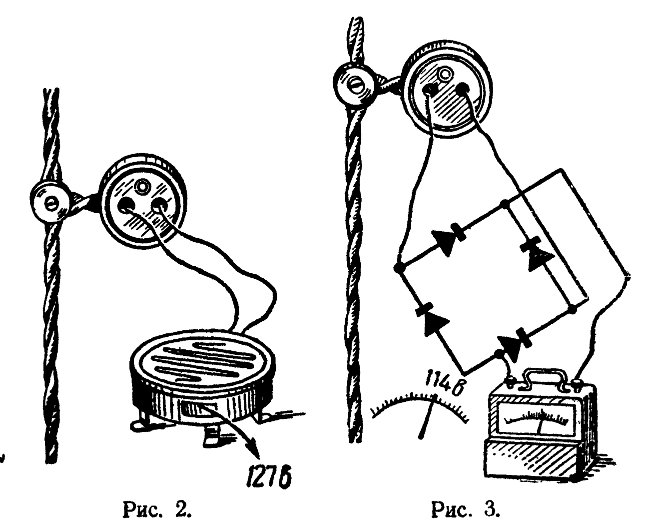


Рис. 2.

Рис. 3.

[1] В. В. Енютин, «Радио», 1947, № 1.

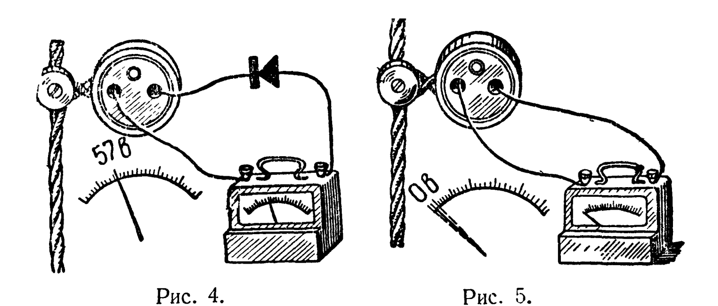


Рис. 4. Рис. 5.

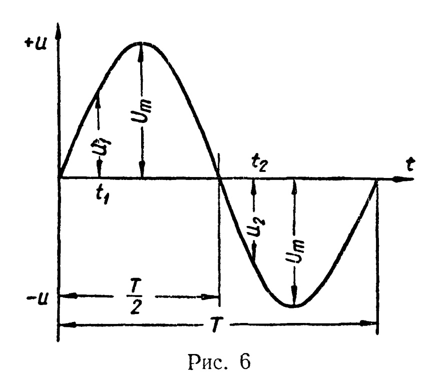


Рис. 6

жает накаливаться нормально; включенная для проверки лампа тоже горит с обычной яркостью.

Что же нам остается делать? Попробовать разве включить наш вольтметр прямо в сеть. Его шкала рассчитана на напряжение до 500 *в*, поэтому ему не страшны ни 127 *в*, ни даже те подозрительные 179 *в*, которые получились у нас при первом измерении.

Но вольтметр, включенный в сеть, . . . ничего не показывает. Его стрелка продолжает стоять на нуле, вернее, она «дрожит» около нуля (рис. 5).

Итак, мы произвели пять попыток различными способами определить напряжение сети и получили пять разных результатов: 179 *в*, 127 *в*, 114 *в*, 57 *в* и . . . нуль — дрожащий нуль. И мы с полным правом можем задать себе снова тот же вопрос, с которого мы начали, который казался таким простым и который так неожиданно и странно осложнился.

Сколько же в конце концов вольт в сети?!

Переменный ток. Мы знаем, что в нашей осветительной сети течет переменный ток. Что же представляет собой этот переменный ток и почему он так называется?

В сети постоянного тока действует все время одно и то же постоянное напряжение. В сети переменного тока, как показывает само название, напряжение непостоянно. Оно непрерывно изменяется. В какой-то момент времени в сети нет никакого напряжения, напряжение равно нулю. В следующий момент напряжение появляется, возрастает, достигает какой-то наибольшей величины, затем, уменьшаясь, падает до нуля, снова возникает, но уже с противоположным знаком, опять доходит до максимума и т. д.

В соответствии с этим изменяется и величина тока в сети. В отдельные моменты в сети нет тока, потом он возникает, достигает максимума, уменьшается, доходит до нуля. После этого ток снова появляется, но вследствие изменения полярности напряжения сети он течет уже в обратном направлении.

Эти изменения величин напряжения и тока нехаотичны. Они происходят по строго определенному закону. Характер изменений тока и напряжения можно изобразить графически кривой, называемой *синусоидой* (рис. 6). Такая именно кривая появляется на экране электронно-лучевой трубки осциллографа при исследовании переменного тока.

Строится эта кривая так.

По вертикальной оси откладывается величина напряжения u или тока i, а по горизонтали — время t (рис. 6). Каждая точка кривой будет соответствовать определенному значению напряжения или тока в данный момент времени, например t_1 или t_2. Эти отдельные значения переменного напряжения или тока называются *мгновенными* и обозначаются соответственно u_1, u_2 (или i_1, i_2). Наибольшие (максимальные) значения напряжения и тока, которых они достигают дважды в течение полного периода T своего изменения, называются *амплитудными* или *максимальными* значениями. Они обозначаются U_m и I_m.

Мы видим, что напряжение и ток в сети все время меняют свою величину. Почему же мы все-таки выражаем напряжение сети переменного тока определенной цифрой, говоря, что напряжение сети равно 127 или 220 *в*?

И постоянный и переменный токи производят работу, например могут накаливать нить осветительной лампы, спираль электроплитки и т. п. Мы можем легко определить работу, которую производит постоянный ток с напряжением, скажем, 127 *в*. Очевидно, будет удобно сравнивать работу переменного тока с работой постоянного тока. Значения постоянного напряжения и тока, которые производят такую же работу, эффект, действие, как и определенные переменные напряжения и токи, называются *эффективными* или *действующими* значениями данного переменного тока.

Величина действующего значения напряжения U переменного тока, конечно, меньше амплитудного значения; она определяется следующим соотношением:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0{,}71 U_m.$$

Соответственно с этим эффективное значение переменного тока

$$I=\frac{I_m}{\sqrt{2}}=0{,}71 I_m.$$

Из этих соотношений мы можем узнать, чему равны амплитудные значения напряжения или тока, если нам известны их действующие значения. Например, амплитудное значение напряжения

$$U_m=\sqrt{2}U=1{,}41U.$$

Если действующее значение напряжения переменного тока равно 127 *в*, его амплитудное значение будет равно:

$$U_m=1{,}41\cdot 127=179\ в.$$

Это — та самая величина, которую мы получили, измеряя напряжение на выходе выпрямителя в первом случае. Теперь она нам понятна. Сглаживающий конденсатор выпрямителя в моменты амплитудного значения напряжения сети, естественно, заряжается до этого напряжения, разрядиться же он не может, так как нагрузки у выпрямителя нет, а разряжаться на сеть конденсатор не может — кенотрон выпрямителя [1] обладает односторонней проводимостью. Именно это амплитудное значение показывает высокоомный вольтметр, который, потребляя крайне малый ток, не успевает разрядить конденсатор до наступления следующего максимума напряжения.

Обычно мы имеем представление только о действующей величине напряжения сети потому, что большинство измерительных приборов градуируется и показывает именно это значение. И если бы мы параллельно плитке включили вольтметр переменного тока, то он показал бы 127 *в*.

Но во многих случаях нельзя забывать и об амплитудном его значении. Например, конденсатор, включенный в сеть переменного тока, периодически испытывает напряжения, равные амплитудным значениям. Поэтому мы не можем включить в сеть с напряжением 127 *в* конденсатор, рассчитанный на наибольшее напряжение 150 *в*. Амплитудные значения напряжения в этой сети будут достигать 179 *в*, и конденсатор, конечно, будет пробит

Почему же в нашей третьей розетке (рис. 3) оказалось не 179 и не 127, а только 114 *в*? Что это за третье значение напряжения?

Это значение называется *средним*.

Среднее значение переменного тока есть

[1] О кенотронах см. стр. 151.

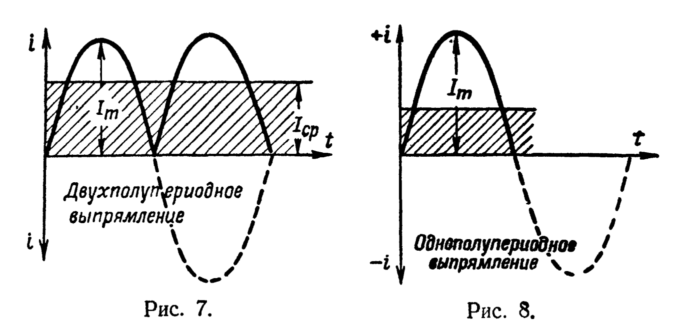


Рис. 7. Рис. 8.

значение некоторого постоянного тока, равноценного данному переменному току, но не по производимой работе, а по количеству электричества, проходящего через поперечное сечение провода. Для нахождения величины среднего значения тока мы можем построить прямоугольник, равновеликий площади, очерченной синусоидой. Основание его равно полупериоду, а высота представляет собой величину среднего значения тока. Это иллюстрирует рис. 7.

Среднее значение тока или напряжения можно вычислить, исходя из величин амплитудного или действующего значения.

Среднее значение напряжения, которое мы обозначим $U_{ср}$, для одного полупериода синусоидального переменного тока равно:

$$U_{ср}=0{,}64U_m \text{ или } U_{ср}=0{,}9U.$$

Отсюда следует, что

$$U_m=1{,}57U_{ср} \text{ и } U=1{,}1U_{ср}.$$

В показанной на рис. 3 схеме выпрямляются оба полупериода переменного тока. Отклонение стрелки магнитоэлектрического прибора пропорционально среднему значению тока или напряжения. По только что приведенным формулам нетрудно подсчитать, что среднее значение напряжения будет равно 114 *в*.

Можно спросить: почему же в нашем первом случае вольтметр показал 179 *в*? Это объясняется только тем, что у выпрямителя, изображенного на рис. 1, на выходе имеется конденсатор, который заряжается до амплитудного значения, а в схеме на рис. 3 конденсатора нет.

Схема на рис. 4 отличается от схемы на рис. 3 тем, что в ней выпрямляется один полупериод (рис. 8), а не два. Поэтому в итоге через прибор проходит вдвое меньший ток, чем при двухполупериодном выпрямлении, и его показание получается вдвое меньшим, равным 57 *в*.

Если, наконец, наш прибор, построенный для измерения постоянного тока, включить в сеть переменного тока (рис. 5), то он ничего

не покажет. В этом случае его стрелка должна в такт с изменениями направления переменного тока отклоняться то в одну, то в другую сторону, но она не успевает делать это, так как изменения происходят 100 раз в секунду (50 периодов), и фактически стрелка только дрожит, колеблясь около нуля.

Как же нужно ответить на тот вопрос, который стоит в заголовке статьи: сколько вольт в сети?

В сети переменного тока нет определенного напряжения, оно все время изменяется. В отдельные моменты в этой сети вообще нет никакого напряжения. Если прикоснуться к проводам сети, то «ударит» напряжение 179 *в* (амплитуда), если включить паяльник, то он будет нагреваться так, как он нагревается в сети постоянного тока с напряжением 127 *в* (действующее значение), и т. д. Поэтому на наш вопрос нельзя ответить только одной цифрой, без определения.

Чтобы быть точным, мы должны сказать: действующее напряжение сети 127 *в*. Можем сказать иначе: амплитудное значение ее напряжения 179 *в*. Это будет одно и то же, но так как работа тока определяется его действующим значением, то приборы надо рассчитывать на 127 *в* и трансформатор приемника, питающегося от этой сети, тоже должен быть включен на 127 *в*.

Все указанные соотношения различных значений напряжения будут действительны и для сети переменного тока с любым другим напряжением. Например, амплитудное значение напряжения в 220-вольтовой сети будет 310 *в*.

ИНДУКТИВНОСТЬ [1]

Выше уже говорилось о том, что электрический ток, проходя по проводу, создает вокруг него магнитное поле. В то же время магнитное поле, пересекая провода, создает в них (индуктирует) э. д. с. (электродвижущую силу).

Магнитное поле может пересекать провода, когда они движутся в поле или когда движется само поле в месте расположения проводов. Последнее явление происходит, в частности, при возникновении магнитного поля (при включении тока) и при его исчезновении (при выключении тока), а также при всевозможных изменениях величины поля, вызванных изменениями величины тока. Во всех этих случаях в проводах, находящихся в поле, в том числе и в проводах, по которым проходит вызвавший изменения поля ток, возникает (индуктируется) э. д. с.

Электродвижущая сила, индуктированная в проводе (катушке) под влиянием изменения ее собственного магнитного потока, называется *электродвижущей силой самоиндукции.*

Согласно закону Ленца *электродвижущая сила самоиндукции всегда противодействует вызвавшей ее причине.* Если ток в проводе возрастает, то э. д. с. самоиндукции стремится задержать, замедлить нарастание тока. Если ток в цепи уменьшается, э. д. с. самоиндукции препятствует быстрому спаданию тока.

При питании цепи постоянным током э. д. с. самоиндукции появляется и оказывает влияние на изменение тока только в моменты замыкания или размыкания цепи. Когда цепь замкнута и в ней уже установился постоянный ток, а следовательно, и создаваемое током магнитное поле постоянно, э. д. с. самоиндукции не возникает.

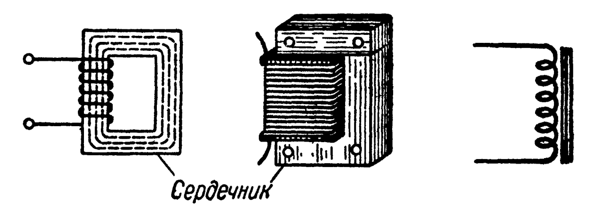
Прямолинейный проводник имеет довольно слабое магнитное поле, и поэтому возникающая э. д. с. самоиндукции невелика. Она заметно сказывается только в очень длинных проводниках. Значительная э. д. с. возникает в проводниках, смотанных в катушку.

Если же в катушку ввести еще стальной сердечник, а тем более сделать его замкнутым, то магнитное поле катушки усилится во много раз и э. д. с. самоиндукции будет достигать очень большой величины по сравнению с э. д. с. самоиндукции прямого провода.

Различные катушки обладают различной способностью индуктировать э. д. с. самоиндукции, что зависит от числа витков, формы и конструкции катушек. Эту способность катушек называют *индуктивностью.* Индуктивность катушек характеризуют величиной э. д. с. самоиндукции, возникающей в катушке при изменении величины тока на 1 *а* в секунду.

Единицей измерения индуктивности является *генри* (*гн*).

Катушка обладает индуктивностью в один



Катушка индуктивности с замкнутым стальным сердечником.

[1] Ю. В. Костыков и Л. Н. Ермолаев, Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1961.

генри, если в ней при изменении величины тока на один ампер в одну секунду индуктируется э. д. с. самондукции в один вольт.

Генри — единица относительно большая. Практически чаще употребляются более мелкие единицы — доли генри: одна тысячная — *миллигенри* (*мгн*) и одна миллионная — *микрогенри* (*мкгн*).

Катушки, у которых для тех или иных целей используется их индуктивность, в отличие от катушек с другим назначением носят название *катушек индуктивности.*

Если в цепи постоянного тока индуктивность катушек и индуктированная э. д. с. самоиндукции сказываются только при включении и выключении тока, то совсем иначе обстоит дело, когда по катушке протекает переменный ток.

Переменный ток создает и переменное магнитное поле. Переменное же поле непрерывно индуктирует в катушке э. д. с. самоиндукции, направленную навстречу напряжению питающего катушку генератора переменного тока и тем бо́льшую, чем больше частота переменного тока. Появление э. д. с. самоиндукции приводит к тому, что при одном и том же напряжении источника электрической энергии величина переменного тока, протекающего через катушку, получается меньше величины постоянного тока. Исходя из закона Ома, можно сделать вывод, что сопротивление одной и той же катушки переменному току больше, чем постоянному, так как при одинаковых напряжениях постоянный ток имеет бо́льшую величину, чем переменный.

Если бы удалось сделать такую катушку, которая совсем не оказывала бы сопротивления постоянному току, то при включении ее в цепь переменного тока она все равно оказывала бы этому току сопротивление, называемое *индуктивным сопротивлением.*

Индуктивное сопротивление катушки зависит от величины индуктивности катушки и пропорционально частоте переменного тока.

Поэтому там, где необходимо возможно большее сопротивление переменному току, применяют катушки со стальными замкнутыми сердечниками. Способность катушек оказывать переменному току значительно большее сопротивление, чем постоянному, позволяет использовать их в тех случаях, когда требуется отделить переменный ток от постоянного. В радиотехнике катушки, используемые для этой цели, носят название *дросселей.*

Казалось бы, что идея применения стальных сердечников для увеличения индуктивности катушек исключительно заманчива. Ведь можно получить необходимую индуктивность в сравнительно небольших катушках с малым количеством витков. Но, оказывается, применение стали связано с рядом неудобств. Из них прежде всего следует отметить большие потери энергии в стальном сердечнике. Эти потери резко возрастают с увеличением частоты переменного тока. Поэтому сердечники из обычной мягкой стали можно применять только в цепях с относительно низкой частотой (не выше нескольких десятков тысяч герц).

Одна из причин потерь в сердечнике — появление в нем самом совершенно бесполезных *вихревых токов* (поскольку сердечник тоже находится в переменном магнитном поле, в нем индуктируется э. д. с., вызывающая появление этих токов). Чтобы уменьшить величины вихревых токов, сердечники катушек делают из тонких изолированных один от другого стальных листов. Но на высоких частотах и эта мера предосторожности не помогает, поэтому стали делать катушки либо вовсе без сердечников, либо изготовлять их из железного порошка, скрепленного особой изолирующей массой. В таких веществах каждая мельчайшая пылинка железа изолирована от других, и поэтому в них не могут образоваться вихревые токи большой величины, а следовательно, и потери будут незначительны. К таким веществам относятся магнетит, альсифер, ферриты.

Другая причина потерь в стали — необходимость затраты энергии на перемагничивание стали. Полностью устранить потери на перемагничивание невозможно, и поэтому стремятся применять для сердечников катушек такие сорта стали, в которых эти потери были бы наименьшими.

ТРАНСФОРМАТОРЫ И АВТОТРАНСФОРМАТОРЫ[1]

В электротехнике и радиотехнике большое применение получили трансформаторы, служащие для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения.

Трансформатор имеет две обмотки, находящиеся обычно на общем сердечнике из какого-либо ферромагнитного материала, например из мягкой стали (рис. 1,*а*). Одна из обмо-

[1] И. П. Жеребцов, Электротехника для радистов, Изд. ДОСААФ, 1958.

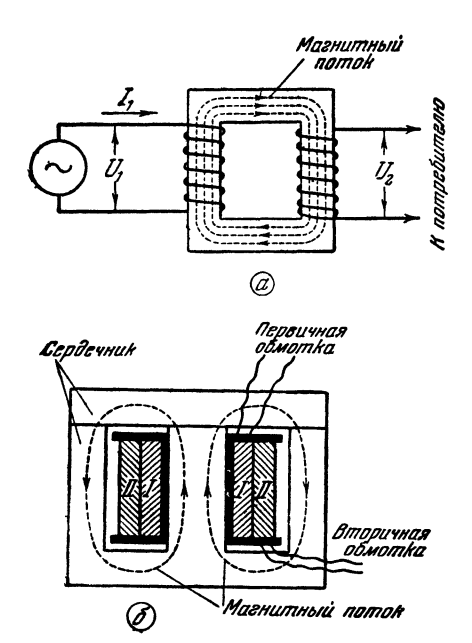


Рис. 1. Устройство трансформатора.

ток — первичная — подключается к генератору того переменного тока, который нужно преобразовать. Ток первичной обмотки создает в сердечнике переменный магнитный поток. Сердечник трансформатора делается обычно замкнутым, чтобы магнитные силовые линии шли на всем пути по сердечнику и не рассеивались в воздухе. Переменный магнитный поток индуктирует во вторичной обмотке переменную э. д. с., величина которой зависит от числа витков этой обмотки и скорости изменения магнитного потока, как это следует из основных законов электромагнитной индукции. Если вторичная обмотка имеет больше витков, чем первичная, то вторичное напряжение U_2 выше первичного U_1 и трансформатор называется *повышающим*. Если же во вторичной обмотке число витков меньше, чем в первичной, то вторичное напряжение ниже первичного и трансформатор называется *понижающим*.

Мощность тока во вторичной обмотке P_2 почти равна мощности переменного тока P_1, так как потери энергии в трансформаторе незначительны. Но мощность является произведением напряжения на ток. Поэтому при повышении напряжения с помощью трансформатора одновременно происходит уменьшение тока и наоборот, а произведение напряжения на ток остается примерно неизменным.

Пусть в первичной обмотке напряжение 200 *в* и ток 1 *а*. Тогда первичная мощность составляет 200 *вт*. Предположим, что трансформатор понижает напряжение в 4 раза. Вторичное напряжение будет равно 50 *в*, а ток в 4 раза возрастет и будет равен 4 *а*. Мощность тока во вторичной цепи по-прежнему составляет $50 \cdot 4 = 200$ *вт*.

Конечно, в действительности у каждого трансформатора вторичная мощность меньше первичной, так как имеются потери энергии на нагрев проводов обмоток и на нагрев сердечника вследствие его перемагничивания и возникновения в нем вихревых токов. Однако у трансформаторов коэффициент полезного действия (к. п. д.), равный отношению вторичной мощности P_2 к первичной P_1, получается достаточно высоким.

У мощных трансформаторов он бывает равен до 99% и даже выше, а у трансформаторов малой мощности, применяемых в радиоаппаратуре, к. п. д. может быть порядка 80—90%.

Для каждого трансформатора характерна величина нормальной мощности, которую можно передавать через трансформатор. Второй характерной величиной является нормальное напряжение, на которое рассчитана первичная обмотка. К трансформатору можно подводить напряжение и мощность меньше нормальных, но увеличение напряжения или мощности сверх нормальных значений недопустимо, так как это вызовет перегрев сердечника и обмоток трансформатора.

Еще одной важной величиной является коэффициент трансформации n, представляющий собой отношение числа витков первичной обмотки W_1 к числу витков вторичной обмотки W_2 или, что то же самое, отношение первичного напряжения к вторичному:

$$n = \frac{W_1}{W_2} = \frac{U_1}{U_2}.$$

Например, если у трансформатора $W_1 = 500$, а $W_2 = 1\,000$, то коэффициент трансформации равен 1 : 2. В данном случае имеется трансформатор, повышающий напряжение в 2 раза. Для повышающих трансформаторов коэффициент трансформации всегда меньше единицы.

Рассмотрим другой пример. Пусть имеется трансформатор, у которого $W_1 = 600$ и $W_2 = 30$. Этот трансформатор — понижающий и коэффициент трансформации у него равен $n = 600 : 30 = 20 : 1$. Таким образом, напряжение снижается в 20 раз. Коэффициент трансформации у понижающих трансформаторов всегда больше единицы.

Нормальная мощность, первичное напряжение и коэффициент трансформации определяют число витков обмоток и другие данные трансформатора. Чем больше напряжение в данной обмотке, тем больше в ней должно быть витков.

При этом меняется и диаметр провода, так как при более высоких напряжениях ток уменьшается, а значит провод может быть взят более тонким.

Наибольшее распространение получили так называемые броневые трансформаторы, имеющие разветвленный магнитный поток. Сердечник такого трансформатора со средним, более широким стержнем и двумя боковыми стержнями меньшей ширины напоминает букву «Ш», замкнутую дополнительной пластиной. Обмотки размещаются на одной катушке, которая надевается на средний более широкий стержень (рис. 1,*б*).

Чаще всего применяется так называемая цилиндрическая обмотка. В этом случае обычно изготовляется каркас катушки из картона или другого изоляционного материала и на него наматываются обмотки одна поверх другой. Принципиально безразлично, какая обмотка будет внутри и какая снаружи. Практически обмотку высокого напряжения обычно располагают снаружи, для того чтобы легче было ее перематывать в случае, если в ней произойдет короткое замыкание из-за пробоя изоляции, который чаще всего бывает именно в этой обмотке. Иногда обмотки делаются в виде отдельных катушек без всякого каркаса и надеваются непосредственно на сердечник.

Обмотка должна заполнять все внутреннее пространство, окруженное сердечником и называемое окном. Необходимо обеспечить хорошую изоляцию провода и обмоток друг от друга и от сердечника. Первичную и вторичную обмотки следует располагать возможно ближе друг к другу, чтобы уменьшить вредное явление магнитного рассеяния, состоящее в том, что часть магнитного потока, созданного первичным током, не пересекает витки вторичной обмотки и, таким образом, не участвует в трансформации. Иногда для уменьшения магнитного рассеяния обмотки делят на части или секции и наматывают секции первичной и вторичной обмоток поочередно. Для уменьшения потерь энергии сердечник изготовляют из тонких пластинок специальной стали.

Со стороны вторичной обмотки трансформатор является генератором, обладающим определенной э. д. с. и некоторым внутренним сопротивлением. А со стороны первичной обмотки трансформатор представляет собой нагрузочное сопротивление для того генератора, который питает трансформатор.

Возможны два основных случая работы трансформатора. Когда вторичная обмотка разомкнута, трансформатор работает в режиме холостого хода. Первичная обмотка при этом ведет себя, как дроссель, и потребляет очень небольшой ток. Мощность тока расходуется лишь на весьма незначительные потери в сердечнике и на нагревание провода первичной обмотки. Вторичное напряжение в этом режиме будет наибольшим, равным э. д. с. вторичной обмотки. В данном случае трансформатор со стороны первичной цепи представляет большое индуктивное сопротивление и у него получается весьма низкий «косинус фи».

При замыкании вторичной обмотки на некоторое активное сопротивление, т. е. на какой-либо потребитель тока, создается режим нагрузки. Чем меньше нагрузочное сопротивление, тем больше вторичный ток и мощность во вторичной цепи. Вместе с тем возрастает и первичный ток, так как мощность в первичной цепи почти равна мощности во вторичной цепи. Напряжение вторичной обмотки нагруженного трансформатора несколько меньше, чем при холостом ходе, потому что имеется потеря напряжения на сопротивлении самой вторичной обмотки. Нельзя замыкать на длительное время накоротко вторичную обмотку: при этом резко возрастают ток этой обмотки, а также первичный ток и трансформатор может сгореть.

Нагруженный трансформатор со стороны первичной обмотки является главным образом активным сопротивлением. Однако он имеет и некоторое индуктивное сопротивление. Поэтому «косинус фи» у него меньше единицы. Для трансформаторов большой мощности величина «косинуса фи» имеет важное значение. Принято характеризовать такие трансформаторы величинами «полной» мощности, выраженной в киловольт-амперах (*ква* или kVA), и «косинуса фи».

В трансформаторах малой и средней мощности «косинус фи» бывает ниже и не играет такой большой роли. Эти трансформаторы обычно характеризуют только величиной активной мощности.

Для питания радиоприемников и усилителей от сети переменного тока служат так называемые силовые трансформаторы или трансформаторы электропитания, имеющие одну первичную обмотку и несколько вторичных обмоток на различные напряжения. Схема одного из таких трансформаторов показана на рис. 2. Во многих радиоприемниках и усилителях используются трансформаторы низкой частоты с замкнутым сердечником.

Широко используются также трансформаторы высокой частоты, состоящие из двух обмоток, расположенных рядом (рис. 3) и не

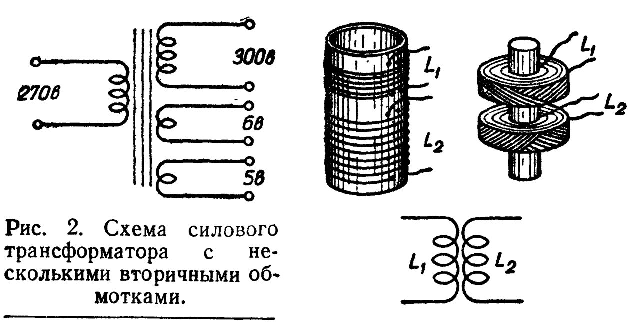


Рис. 2. Схема силового трансформатора с несколькими вторичными обмотками.

Рис. 3. Трансформаторы высокой частоты и их изображение на схемах.

имеющих сердечника. Иногда в трансформаторах высокой частоты применяют сердечники из магнитодиэлектриков.

Трансформатор высокой частоты осуществляет индуктивную связь двух цепей. Такая связь нередко делается переменной. В этом случае взаимное расположение катушек может изменяться так же, как, например, в вариометре. На схемах переменную связь изображают стрелкой.

В радиоаппаратуре встречаются, кроме того, автотрансформаторы, т. е. трансформаторы, в которых первичная и вторичная обмотки не изолированы друг от друга. Они применяются главным образом для питания приемников и усилителей от сети. У понижающего автотрансформатора вторичная обмотка является частью первичной обмотки (рис. 4,*а*); такой автотрансформатор можно рассматривать как делитель напряжения. В повышающем автотрансформаторе первичная обмотка составляет часть вторичной обмотки (рис. 4,*б*).

Довольно часто применяются автотрансформаторы, дающие возможность получить несколько различных напряжений. Для примера на рис. 4,*в* показан автотрансформатор, включенный частью своей обмотки (зажимы 0 и 127) на сетевое напряжение 127 *в*. От еще меньшей части обмотки (зажимы 0 и 6) можно получить напряжение 6 *в*, а вся обмотка (зажимы 0 и 300) дает напряжение 300 *в*.

По сравнению с обычным трансформатором при одной и той же мощности автотрансформатор имеет меньшее сечение сердечника. Это объясняется тем, что в автотрансформаторе не вся энергия передается через магнитный поток в сердечнике. Часть энергии передается за счет непосредственного прохождения тока из первичной цепи во вторичную, так как они соединены друг с другом. Чем ближе коэффициент трансформации автотрансформатора к единице, тем меньшая часть энергии передается через магнитный поток в сердечнике. Если $n=1$ (рис. 5), то вся энергия переходит из первичной цепи во вторичную без помощи магнитного потока и в этом случае автотрансформатор становится излишним.

Так как часть витков автотрансформатора входит одновременно и в первичную и во вторичную обмотки, то количество провода для обмоток требуется меньше, чем в трансформаторе. Кроме того, оказывается, что через общую часть обмотки автотрансформатора проходит ток, равный примерно разности токов обеих цепей. Для повышающего автотрансформатора он равен $I_1—I_2$, а для понижающего $I_2—I_1$. Чем ближе друг к другу токи I_1 и I_2, тем меньше ток в общей части обмотки и тем меньше может быть диаметр ее провода. Таким образом, возможна экономия в затратах меди на обмотку.

В лабораторной практике для регулирования в широких пределах переменного напряжения, получаемого от сети, применяются специальные регулировочные автотрансформаторы, дающие плавное изменение напряжения. Наша промышленность выпускает такие автотрансформаторы двух типов: ЛАТР-1 на ток до 9 *а* и ЛАТР-2 на ток до 2 *а*. Каждый из них рассчитан на напряжение сети 220 и 127 *в* и дает возможность регулировать напряжение у потребителя от 0 до 250 *в*. Схема такого регулировочного автотрансформатора дана на рис. 6,*а*, а на рис. 6,*б* показан принцип его конструкции. Сердечник в виде кольца собран из отдельных пластинок. Обмотка сделана изолированным проводом в один слой и имеет очищенную от изоляции «дорожку», по которой можно перемещать ползунок, имеющий контакт с витками через угольную вставку. Когда она замыкает виток, то вследствие низкого напряжения этого витка и заметного сопротивления вставки не возникает чрезмерно большой ток, опасный для провода обмотки.

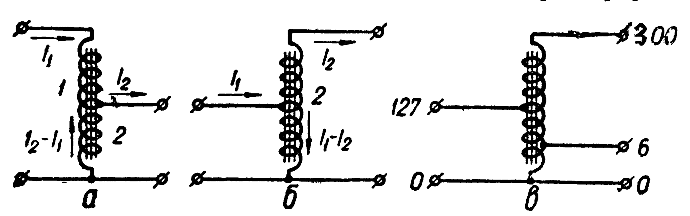


Рис. 4. Схемы автотрансформаторов.
а — понижающего, *б* — повышающего; *в* — универсального.

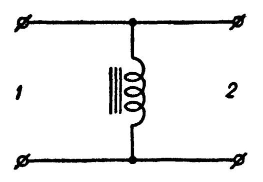


Рис. 5. Автотрансформатор с коэффициентом трансформации, равным единице.

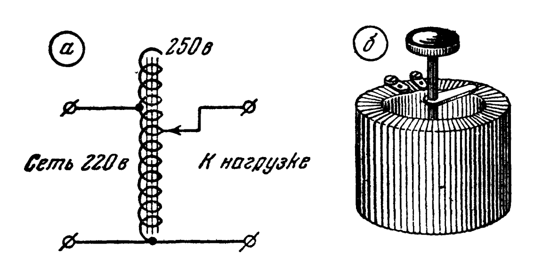


Рис. 6. Схема и принцип устройства лабораторного регулировочного автотрансформатора.

Следует отметить, что наличие электрического соединения между вторичной и первичной цепями у автотрансформатора является его недостатком. Прикосновение к проводу вторичной цепи, даже при низком напряжении в ней, представляет опасность, так как между этой цепью и землей может быть напряжение, равное первичному (127 или 220 *в*). Вследствие того что один из проводов сети обычно бывает заземлен (нулевой провод), при заземлении вторичной цепи может получиться короткое замыкание. Поэтому при работе с автотрансформаторами, включенными в сеть, запрещается заземлять вторичную цепь. В случае необходимости прикасаться к проводам вторичной цепи у работающего автотрансформатора следует изолировать себя от земли.

Для токов высокой частоты применяются автотрансформаторы без сердечника или с сердечником из магнитодиэлектриков.

ЧЕЛОВЕК В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ[1]

(немного о технике безопасности)

На стене — неисправный выключатель со снятой крышкой. Вы пробуете сделать то, чего делать не следует: пальцами соединить его контакты — и вдруг испытываете резкое, до боли неприятное ощущение проходящего через вас тока. Не шутите этим. В одной из прачечных рабочий босиком по залитому водой полу подошел к такому выключателю и прикоснулся к нему мокрой рукой. В тот же миг человек упал замертво ...

Тело человека, прикоснувшегося к неизолированному проводу или электроприбору, находящемуся под напряжением, становится частью электрической цепи. Наше тело электропроводно и через него может идти ток. Замыкание через человека часто происходит между одним полюсом сети и землей. И чтобы предотвратить его, надо изолирующим материалом отделить человека от пола или грунта. Поэтому электромонтеры становятся на резиновые коврики и надевают специальные галоши с толстыми подошвами. Вышки, на которых рабочие ремонтируют голые воздушные провода трамвая, тоже должны быть хорошо изолированы от земли.

Изоляция человека от земли должна быть тщательной, так как цепь может замкнуться, даже если есть очень небольшой участок, проводящий ток, например дырка в подошве и гвоздь в полу. Один старый электромонтер рассказывал об интересном случае. Однажды, работая в галошах и резиновых перчатках, он получил все же сильное поражение током. Как могло это произойти? Оказалось, что он нагнулся над ремонтируемым аппаратом, с его груди свесилась металлическая цепочка от часов и коснулась неизолированных частей, бывших под напряжением. В подошве же галоши застряла прорезавшая ее металлическая стружка. Цепь оказалась замкнутой — электрический ток нашел для себя проводящий путь.

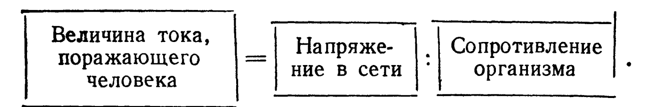
Что надо делать, если ваш товарищ окажется под током и из-за возникшей судороги не сможет отдернуть руку от неизолированного провода или прибора? Надо немедленно выключить ток или оборвать провод, а если этого не удастся сделать, то постараться изолировать пострадавшего от земли: подложить под него резину, толстый слой бумаги, деревянные доски. Не следует трогать пострадавшего, не изолировав от земли самого себя, иначе ток замыкания на землю может пройти как через пострадавшего, так и через подоспевшего ему на помощь. Случалось, что несколько человек подряд включались таким образом в электрическую цепь. По этой же причине изолировавший себя монтер не должен передавать инструменты или брать их у своих не изолированных от земли товарищей. Человеку, оказавшемуся под током, иногда удается помочь энергичным окриком: «Подпрыгни вверх!», и если он, преодолевая судороги, хоть на секунду сможет отделиться от земли, цепь разомкнется и он без труда отдернет руку.

Но бывает и так, что монтер, стоя на лестнице в толстых галошах, хорошо изолирующих его от земли, все-таки получает поражение током. Это происходит, если он обеими руками или проводящими инструментами прикоснется к двум концам разъединенного провода, напряжение на котором по ошибке не было

[1] С. Л. Вальдгард, Занимательная электротехника, Профтехиздат, 1961.

выключено. Тут происходит уже не однополюсное, а двухполюсное замыкание цепи через человека — ток проходит из одной руки в другую через туловище. Для защиты от этого недостаточны уже галоши и коврики, изолирующие от земли: нужны резиновые перчатки на руках и рукоятки инструментов из изолирующего материала.

В какой мере опасно поражение электричеством? Какая величина тока и какое напряжение опасны для человека? Собственно опасна величина тока, проходящего через организм. Вреден ток уже в сотые доли ампера, а ток в одну десятую ампера для человека смертелен. Однако поражение может произойти лишь в том случае, если ток такой опасной величины действительно пройдет через тело человека. А это зависит от двух условий: от напряжения в сети и от сопротивления организма. Величину тока, проходящего через человека, можно рассчитать по закону Ома:



Надо сказать, что электрическое сопротивление организма человека бывает весьма различным — от нескольких сотен до десятков тысяч ом. В нервном состоянии или при опьянении оно заметно уменьшается.

Как ток «протолкнет», так сказать, существующее напряжение через человека при том или другом сопротивлении его тела? Сравним два случая.

Пусть, например, напряжение в сети 500 *в*, а сопротивление тела человека большое — 20 000 *ом*. По закону Ома через него пройдет ток $\frac{500}{20\,000}=0{,}025$ *а*. Такой ток опасен, но не смертелен. Но вот другой случай. Сопротивление тела человека понижено — всего 1 200 *ом*. Тогда даже при напряжении 120 *в* через него пройдет ток $\frac{120}{1\,200}=0{,}1$ *а*. А такой ток уже смертелен. Вот почему неправы те, кто пренебрежительно говорит: «Ну, что там — всего 120 или 220 *в* ...» и неосторожно обращаются с электропроводкой.

Организм человека сложен, и разные части его имеют неодинаковое сопротивление. Кожа, в особенности толстая, огрубевшая и с мозолями, оказывает большое сопротивление электрическому току. Правда, грязь из металлической стружки, покрывающая кожу, уменьшает ее сопротивление.

Сопротивление многих внутренних органов значительно меньше, чем кожи. Особенно хорошо проходит ток по крови, вдоль кровеносных сосудов.

Очень опасно, когда он проходит при этом через сердце, а также нервные центры мозга.

Встречая в коже большое сопротивление, ток нагревает ее и иногда производит сильные ожоги. Некоторые части тела как бы превращаются в «электронагревательные приборы». Сильно накаляются током и кости — настолько, что иногда плавится находящаяся в них известь.

Но важна электропроводность не только самого тела, но и того, с чем оно соприкасается: одежды, обуви, пола, инструментов. Сухая одежда, особенно шелковая или прорезиненная, да еще в несколько слоев, является неплохим изолятором. Мокрая одежда проводит ток значительно лучше сухой. От земли изолируют толстые целые и сухие подошвы; промокшая обувь и дырки в подошвах содействуют прохождению тока. Изолирует сухой деревянный пол. Пол мокрый или металлический проводит ток гораздо лучше. Касаться оголенных проводов или приборов под напряжением мокрыми руками опаснее, чем сухими.

Осторожность особенно необходима при работе внутри котлов и других металлических устройств. Ведь окружающий металл хорошо проводит ток. Недаром котельщикам разрешается пользоваться лампами лишь малого напряжения (всего 12 *в*).

В прошлом бывали несчастные случаи при тушении пожаров — пожарных поражало током через струю воды, если она попадала на провода с горящей изоляцией. Струя воды ведь тоже хорошо проводит электричество. Современные брандспойты, которые пожарные держат в руках, покрыты надежной изоляцией. А проводку в горящем здании полагается отключать. Вы можете спросить, не опасно ли прикасаться к рельсам на электрифицированных железных дорогах вслед за прошедшим поездом, если по ним проходит ток. Нет. Опасность поражения током возникает тогда, когда тело человека включится между двумя точками цепи с большой разностью напряжений — между двумя проводами троллейбуса или между воздушным проводом трамвая и землей. От этой разности напряжений и возникает ток, поражающий человека. В одной же точке провода разности напряжений нет.

Вот почему птицы безопасно сидят на электрических проводах. Можно, пожалуй, вообразить и гимнаста, безопасно держащегося за токонесущий провод, висящего на нем в воздухе и проделывающего свои упражнения. Только бы он ногами не коснулся другого провода, земли или опорной мачты и не замкнул

своим телом два места цепи с большой разностью напряжений. Птицы гибнут, когда, сидя на проводах и взмахивая крыльями, касаются металлических опор, соединенных с землей.

Бывают случаи, когда оборвавшийся воздушный провод, находящийся под напряжением, лежит на земле. Возникает ток замыкания на землю. Но сопротивление сухой земли довольно велико. Потому в ней по пути протекания этого тока даже на небольшом расстоянии возникает значительное падение напряжения. И если человек стоит вблизи провода, расставив ноги, или шагает, ток может ответвиться от земли и пойти через ноги и туловище, встречая здесь меньшее сопротивление, чем в земле. Такое падение напряжения в земле на расстоянии шага так и называют шаговым напряжением. Любопытно, что для лошади оно опаснее, чем для человека, так как расстояние между ее передними и задними ногами больше, а значит, больше и падение напряжения в земле на этом расстоянии.

ЛИТЕРАТУРА

И. П. Жеребцов, Электротехника для радистов, Изд. ДОСААФ, 1958.

Популярно изложена элементарная электротехника, знание которой необходимо каждому радиолюбителю. Подробно изложен материал об электрическом токе, электрической цепи, рассматриваются электромагнитные явления.

Много места отводится изучению переменного тока и его применению. Заключительные главы посвящены электроизмерительным приборам, элементам и аккумуляторам. Для изучения основного содержания книги читателю достаточно иметь подготовку по математике и физике в объеме 7 классов средней школы.

С. Н. Тихонов, Основы электрорадиотехники, Воениздат, 1959.

Учебник-пособие для курсов радиомастеров и радиотелеграфистов ДОСААФ. Знакомит читателя с основными законами и физическими явлениями электротехники и радиотехники. В первой части книги излагаются основы электротехники.

В. Г. Борисов, Юный радиолюбитель, изд. 3-е, переработанное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

В форме популярных бесед излагаются элементарные основы электротехники и радиотехники. Беседа «Экскурсия в электротехнику» содержит сведения по электротехнике, необходимые по программе радиокружка.

В. Ю. Ломоносов и К. М. Поливанов, Электротехника, изд. 9-е, переработанное, Госэнергоиздат, 1960.

Учебное пособие для учащихся электротехнических профессий технических и железнодорожных училищ, а также курсов подготовки рабочих кадров и курсов мастеров.

Даны основные понятия об элементах электрической цепи и о расчете простых цепей постоянного и переменного тока; общее описание физических процессов, происходящих в электрическом и магнитном полях; принципы действия электрических машин, трансформаторов и линий передачи энергии; основы электрических измерений и понятие об опасности.

Является пособием для электромонтеров.

Читатель найдет в этой книге начальные сведения по электричеству, необходимые для понимания последующих руководств по специальным разделам электротехники.

В новом издании расширены разделы, посвященные физическим явлениям, на которых основана современная электротехника.

Электротехника (комплект учебных плакатов), Изд. ДОСААФ, 1960.

На схемах и рисунках плакатов показаны устройство и принцип работы различных электроприборов, применяемых в радиотехнике. Плакаты предназначены в качестве наглядного пособия для занятий в радиокружках.

Н. Н. Мансуров и В. С. Попов, Теоретическая электротехника, изд. 8-е, Госэнергоиздат, 1961.

Учебник для техникумов электротехнических специальностей. Рассмотрены физические процессы, происходящие в электрическом и магнитном полях, в электрических линейных и нелинейных цепях постоянного и переменного тока. Излагаются основные методы расчета, принятые в электротехнике. Даны описания лабораторных работ. Изложение поясняется большим количеством примеров с решениями.

Ю. В. Костыков и Л. Н. Ермолаев, Первая книга радиолюбителя, изд. 2-е, переработанное, Воениздат, 1961.

Изложены основы электро- и радиотехники, рассмотрена работа простейших радиоприемников — ламповых и полупроводниковых. Описаны простые конструкции для самостоятельного изготовления.

Главное внимание авторов направлено на популярное, но достаточно строгое объяснение физических процессов радио- и электронной аппаратуры.

С. Л. Вальдгард, Занимательная электротехника, Профтехиздат, 1961.

В популярно-занимательной форме излагаются понятия об электричестве и его применении в различных производствах и автоматике. Приводятся примеры из различных областей электротехники, рассказывается о технике будущего.

Книга рассчитана на учащихся технических училищ и может представлять интерес для учащихся средних общеобразовательных школ и широкого круга читателей.





Глава третья

РАДИОПЕРЕДАЧА И РАДИОПРИЕМ

РАДИОВОЛНЫ И КОЛЕБАНИЯ[1]

Что такое радиоволны? Бросьте на гладкую водяную поверхность камень, и на ней появятся волны, кругами расходящиеся во все стороны. Это — водяные волны, они создаются в воде и в ней же распространяются.

Звуковые волны в открытом пространстве создаются в воздухе и в нем же распространяются: удалите воздух, и звуки исчезнут. Из чего же созданы и в чем распространяются радиоволны?

В некоторых книгах дается такое пояснение по интересующему нас вопросу:

Радиоволны — это *«распространяющиеся в пространстве переменные электромагнитные поля»*.

Попробуем воспользоваться этой формулировкой в качестве исходной в наших объяснениях природы радиоволн.

Позвольте напомнить Вам из школьных уроков по физике, что вокруг всякого проводника с электрическим током существует магнитное поле, а вокруг тела с электрическим зарядом — электрическое поле. Даже, если Вы забыли это, то, вероятно, замечали, что гребенка или расческа, которой Вы только что привели в порядок Ваши волосы, стремится притянуть к себе легкие предметы вроде кусочков папиросной бумаги, шерстинок и пр. Эта же самая гребенка до использования ее по прямому назначению не обладала свойствами притягивать посторонние предметы.

Объяснение простое: от трения о волосы гребенка приобрела электрический заряд, отчего вокруг гребенки возникло электрическое поле. Оно-то и действует на легкие предметы, притягивая их.

Полем вообще называют форму материи, в которой обнаруживается действие каких-либо сил. Например, в поле земного тяготения обнаруживается притяжение к земле.

Форма материи, в пределах которой сказывается действие электрических сил, называется *электрическим полем*. Сильнее заряд — и поле сильнее. Нет заряда — нет поля.

У нас в руке медный провод, по которому течет ток, а на столе — обычный компас. Стрелка компаса ориентирует Вас в пространстве, указывая север.

Поднесите к компасу этот провод, расположите его вдоль стрелки, и стрелка отклонится в сторону (рис. 1). Увеличьте ток — стрелка отклонится еще больше. Уменьшите ток — отклонение стрелки уменьшится. Выключите ток — стрелка опять укажет север. Значит, не сам провод влияет на стрелку компаса, а ток, протекающий по нему.

Объяснение простое: ток создает вокруг провода магнитное поле, и это поле действует на стрелку компаса.

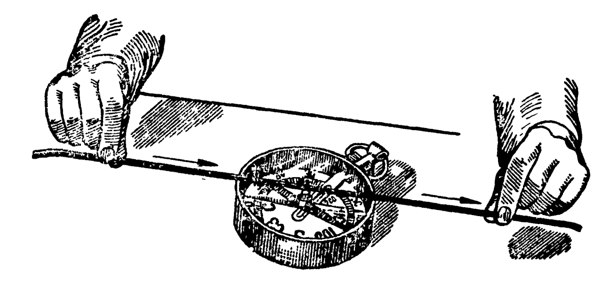


Рис. 1. Ток, идущий по проводу, отклоняет стрелку компаса.

[1] С. А. Бажанов, Что такое радиолокация, Воениздат, 1948.

Форма материи вокруг магнита или проводника с током, где обнаруживается действие магнитных сил, называется *магнитным полем.* Сильнее ток — сильнее магнитное поле. Нет тока — нет поля.

Если электрический ток периодически через равные промежутки времени меняет не только свою величину, но и направление, то такой ток называется переменным. Переменный ток создает и переменное магнитное поле.

То же самое можно сказать и о переменном электрическом поле. Если вызвавший его заряд периодически меняет не только свою величину, но и полярность, то такое поле называется *переменным электрическим полем.*

Переменные электрическое и магнитное поля неотделимы друг от друга. Если возникло переменное электрическое поле, то оно всегда создает вокруг себя переменное магнитное поле и, наоборот, переменное магнитное поле обязательно создаст переменное электрическое поле.

Электромагнитные волны, т. е. взаимосвязанные переменные электрическое и магнитное поля, распространяются в воздухе или в безвоздушном пространстве, а также во многих других веществах со скоростью света, равной 300 000 *км/сек.*

Электрическая искра. Достаточно где-либо проскочить электрической искре, как сейчас же вокруг нее возникнут радиоволны. Вы случайно замкнули провода — короткая вспышка, и в пространство выброшен поток радиоволн. Искрят щетки электродвигателя, работает электросварочный агрегат, искрит дуга трамвая или ролик троллейбуса, работает автомобильный мотор с системой электрического зажигания — безразлично: все это наводняет пространство радиоволнами.

Именно из-за этих волн от искровых разрядов, будь то разряды атмосферного электричества или же искрение электроустановок, происходят все те трески, которые Вы, вероятно, не один раз проклинали, слушая интересную радиопередачу.

Только удалившись с радиоприемником куда-либо далеко за город, где нет помех радиоприемнику от трамваев, электрических лифтов, электромедицинских кабинетов и подобных им устройств, можно вести прием в относительной «электрической» тишине».

Вот почему приемные радиоцентры выносятся из городов в уединенные места.

Но и здесь не всегда можно укрыться от помех. Гигантский искровой разряд, каким является молния, создает настолько сильный ураган радиоволн, что в грозу из громкоговорителя вырывается оглушительная «артиллерийская канонада».

Радиоволны от молнии сигнализируют о приближении грозы. Первым человеком, сумевшим принимать радиосигналы молнии, был русский ученый, изобретатель радио Александр Степанович Попов. Один из своих приборов, названный им «грозоотметчиком», он использовал для того, чтобы следить за далекими грозами и предсказывать их приближение.

Люди взяли у природы ее рецепт «изготовления» радиоволн.

Все первые радиопередатчики создавали мощные потоки сильно трещащих искр. Радиоволны, порождаемые искрами, переносили в пространство различные сообщения без всяких соединительных проводов. Эти первые радиостанции так и назывались — «станции искрового телеграфа». Известно, что радиотелеграфисты мощной московской искровой радиостанции (на Ходынке), идя на дежурство, еще километра за полтора-два до здания на слух, по треску искр — этих маленьких молний, могли читать сообщения, передаваемые знаками телеграфной азбуки.

Название «радиостанция» появилось значительно позже.

Современная радиотехника почти полностью отказалась от весьма несовершенных искровых станций. Но пучок искр до сих пор остается в эмблеме на погонах связистов.

Как создаются радиоволны. Нам предстоит ознакомиться с тем, как создаются радиоволны современными радиопередающими станциями.

Краткое определение сущности создания радиоволны таково:

Проводник с переменным током высокой частоты при некоторых условиях способен излучать в окружающее пространство радиоволны.

Это определение станет понятным, когда будет раскрыт внутренний смысл каждого слова. «Проводник» — но какой, всякий ли? Дальше мы увидим, что нет, далеко не всякий. «Переменный ток высокой частоты» — как это понимать? Что значит «при некоторых условиях?» При каких именно? «Излучать» — как?

Начнем с выяснения, что такое переменный ток.

Знакомясь с электромагнитным полем, мы получили краткую справку о том, что переменным называется ток, периодически меняющий не только свою величину, но и направление. Следует еще раз подчеркнуть, что слово «переменный» относится именно к направ-

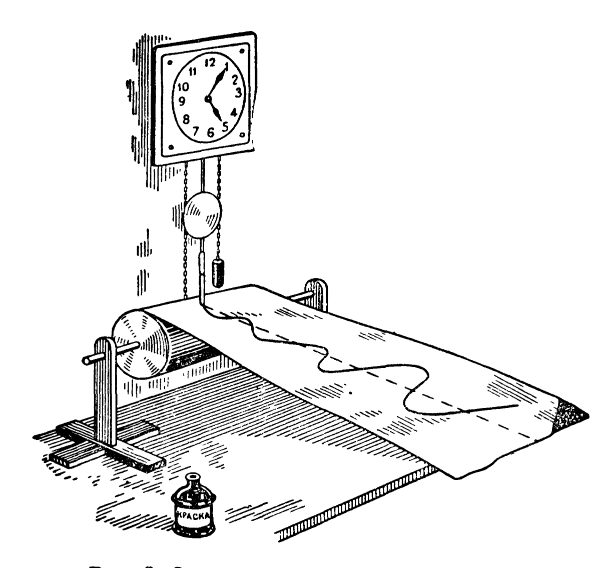


Рис. 2. Затухающие колебания маятника.

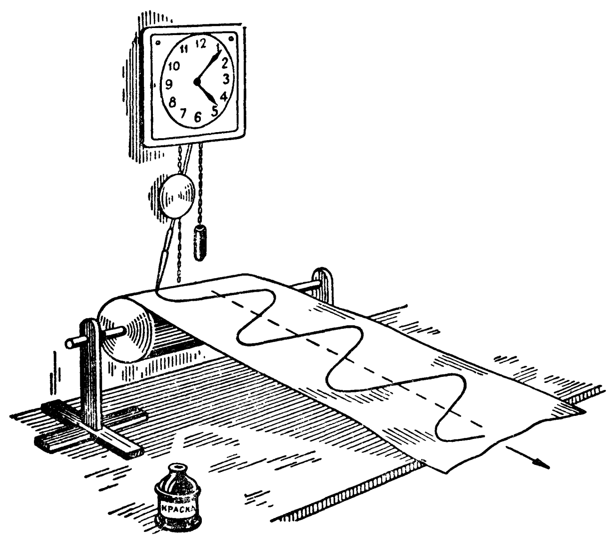


Рис. 3. Незатухающие колебания маятника.

лению. Как бы ни менял свою величину электрический ток, его нельзя назвать переменным, если он не меняет направления.

Переменный ток течет попеременно то в одну сторону, то в обратную, как бы повторяя колебательные движения качелей или часового маятника. Недаром существует технический термин «электрические колебания».

Чему учит маятник. К концу маятника часов я прикрепляю легкое перышко или волосок, смоченный жидкой краской, затем толкаю маятник и подношу к перышку листок бумаги. Перышко начинает вычерчивать на листке прямую линию — след колебаний маятника; чем больше размахи маятника, тем больше ее длина.

Теперь я начинаю равномерно передвигать листок бумаги в направлении, перпендикулярном плоскости колебаний маятника. Прочерчиваемая линия растянется, развернется в волнообразный график (рис. 2). Колебания маятника зарегистрированы — получился график колебаний или, как его называют, *осциллограмма.*

Осциллограмма свидетельствует о том, что размахи маятника быстро уменьшались, и вскоре маятник остановился. Трение в точке подвеса маятника и в точке касания перышка с бумагой, а также сопротивление воздуха сделали свое дело. Колебания быстро затухли. Перед нами график *затухающих колебаний.*

Иную картину представляет график, показанный на рис. 3. Сила тяжести гирь преодолевала действие на маятник всех тормозящих усилий. Поэтому маятник отщелкивал удар за ударом, не уменьшая размахов. Можно было бы целый день вытягивать из-под такого маятника бумажную ленту, и все время вычерчивалась бы на ней волнообразная кривая *незатухающих колебаний.*

У всякой профессии свой язык. Электрик или радист не скажет «размах» там, где речь идет о колебаниях: не размах, а *амплитуда.* Уважая профессиональные привычки, мы должны сказать так: *у затухающих колебаний амплитуды убывают, у незатухающих — остаются неизменными.*

Колебательный контур. Не только маятник или качели, но и электрический ток можно заставить совершать затухающие или незатухающие колебания.

Для этого служит очень простое электрическое устройство — *колебательный контур.* Это своего рода «электрический маятник». Но в отличие от колебаний обычного маятника электрические колебания в контуре совершаются невероятно быстро. На каждое колебание затрачивается ничтожно малая доля секунды, поэтому число колебаний в секунду очень велико.

Колебательный контур состоит всего из двух основных частей: катушки индуктивности и конденсатора. Катушка представляет собой некоторое число витков медной проволоки, а конденсатор (самый простой) — две металлические пластинки, разделенные слоем диэлектрика.

Чем больше площадь пластин и чем ближе они расположены одна к другой, тем при прочих равных условиях большей электрической емкостью обладает конденсатор (рис. 4). На величину емкости влияет и вещество диэлектрика. Конденсатор с бумагой в качестве диэлектрика «впитает» в себя в 2 раза больше

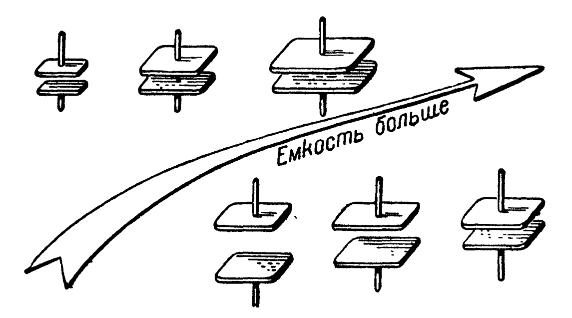


Рис. 4. Чем больше площадь пластин конденсатора и чем ближе одна к другой, тем больше емкость.

электричества, чем такой же конденсатор, но с воздухом вместо бумаги. Слюдяной конденсатор «сгустил» бы в себе («конденсатор» по-русски означает «сгуститель») в 6 раз больший заряд, чем такой же воздушный конденсатор.

Если присоединить концы катушки к пластинам конденсатора, получится колебательный контур (рис. 5). Но такой «мертвый» контур ничем не интересен. Чтобы в контуре возникли электрические колебания, его нужно «оживить».

Маятник мы отводим вбок или даем ему толчок, и он начинает мерно раскачиваться из стороны в сторону. Колебательный контур тоже можно «подтолкнуть». К нему необходимо подвести некоторое количество электрической энергии, чтобы электроны пришли в колебательное движение. Для этого конденсатор следует зарядить от какого-либо источника тока (рис. 6,*а*), а затем подключить к нему катушку индуктивности. Электрическое напряжение U на пластинах конденсатора и сообщит электронам тот электрический «толчок», который необходим для возбуждения колебаний в контуре. Конденсатор станет разряжаться через катушку, и в цепи потечет ток (рис. 6,*б*).

С появлением тока скажется тормозящее влияние катушки — ее индуктивность, которая зависит от числа витков, размеров и формы катушки. *Индуктивность* — это электрическая инерция. Она противодействует всякому изме-

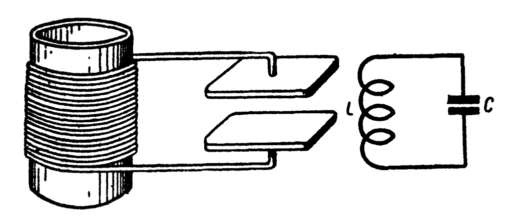


Рис. 5. Колебательный контур состоит из конденсатора C, катушки L и соединительных проводов.

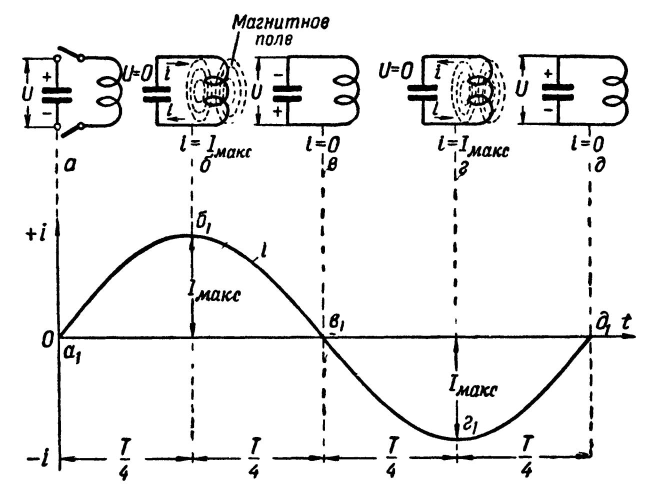


Рис. 6. Получение переменного тока в контуре.

нению тока, подобно тому как инерция тела препятствует изменению его скорости. Вследствие противодействия катушки электрической инерции ток будет нарастать постепенно и достигнет наибольшей величины $I_{макс}$, как раз в тот момент, когда конденсатор полностью израсходует свой электрический заряд, т. е. разрядится.

Теперь, казалось бы, ток должен исчезнуть. На самом же деле благодаря электрической инерции он не прекратится и будет протекать в ту же сторону за счет энергии, которая сосредоточилась в катушке. Но ток станет постепенно убывать. Разряженный конденсатор будет теперь заряжаться в обратном направлении: пластина, имевшая положительный заряд, будет заряжаться отрицательно, а пластина, имевшая отрицательный заряд,— положительно.

Когда энергия полностью сосредоточится в конденсаторе, ток в контуре прекратится (рис. 6,*в*), но процесс на этом не остановится. Зарядившийся конденсатор опять начнет разряжаться: в контуре потечет ток, но уже в обратном направлении (рис. 6,*г*). Он возрастет до максимальной величины, а затем снова упадет до нуля. В этот момент завершится полный цикл изменения тока в контуре, т. е. закончится одно электрическое колебание (рис. 6,*д*). После этого все изменения тока станут повторяться, подобно тому как повторяются перемещения маятника. В контуре возникнут электрические колебания.

Колебания в контуре, происходящие без какого-либо влияния со стороны, чрезвычайно кратковременны. Это объясняется тем, что электрический ток нагревает провода катушки. Энергия электрических колебаний превращается в тепло, которое рассеивается. Потери

эти неизбежны, поэтому колебания в контуре быстро затухают. Амплитуда их становится все меньше и меньше, и, наконец, колебания практически прекращаются. Они длятся очень малую долю секунды.

Затухающими колебаниями пользовались в первые годы развития радиотехники. Но теперь они не применяются. Уже много лет назад были разработаны способы получения незатухающих колебаний, на применении которых и основывается современная радиотехника. Незатухающие колебания — это колебания с неослабевающей силой. Амплитуда их не меняется.

Для того чтобы получить незатухающие колебания, нужно особое устройство, которое «подбрасывает» колебательному контуру все новые и новые порции энергии. В часах роль этого устройства выполняет гиря или пружина. Как это делается в колебательном контуре, мы узнаем дальше.

Период и частота. В здании Исаакиевского собора в Ленинграде под куполом подвешен длинный маятник, служащий для доказательства вращения Земли вокруг своей оси. Длина маятника 98 *м*. На одно полное колебание, т. е. на движение маятника от отвеса в одну сторону, переход в противоположную сторону и возвращение к отвесу, затрачивается 20 *сек*. Маятник же часов-ходиков в течение секунды успеет сделать два колебания. Словом, чем длиннее маятник, тем медленнее совершает он колебания, тем больше период его колебаний.

Периодом называется время одного полного колебания.

От десятков секунд до десятых долей секунды — таковы пределы (диапазон) изменений периодов колебаний маятников.

Колебания в электрическом контуре могут совершаться тоже с разными периодами, но диапазон их гораздо более широкий. Никакой маятник не сможет в 1 *сек* совершить несколько тысяч колебаний, тогда как для электрического тока такие колебания считаются медленными.

Период электрических колебаний определяется тем, насколько быстро конденсатор может заряжаться и разряжаться, а катушка — управляться со своим магнитным полем.

Число колебаний в секунду называется частотой колебаний. Единица измерения частоты называется «герц». Один герц (сокращенно 1 *гц*) — это одно полное колебание в секунду, т. е. один период в секунду.

Частота электрических колебаний в контуре определяется величинами индуктивности катушки и емкости конденсатора. Чем больше индуктивность, тем сильнее скажется ее тормозящее действие на изменении электрического тока в контуре и тем медленнее будут совершаться колебания. Так же влияет на частоту колебаний и емкость. С увеличением емкости конденсатора возрастает время, необходимое для его заряда и разряда. Значит, период колебаний будет продолжительнее, а число колебаний в секунду меньше.

Следовательно, изменяя индуктивность и емкость контура, можно менять частоту происходящих в нем электрических колебаний, подобно тому как скрипач, перемещая пальцы по грифу скрипки и удлиняя или укорачивая струны, изменяет тон, т. е. меняет частоту звуковых колебаний.

В радиотехнике приходится иметь дело с электрическими колебаниями, частота которых достигает многих тысяч и миллионов герц. Оперировать всякий раз с такими большими числами так же неудобно, как неудобно выражать путь от Москвы до Ленинграда в миллиметрах или вес поклажи грузового автомобиля в граммах. Общепринято пользоваться более крупными кратными единицами: килогерц (*кгц*) — тысяча герц и мегагерц (*Мгц*) — миллион герц.

Излучение радиоволн становится практически возможным лишь в том случае, если частота колебаний не ниже нескольких десятков тысяч герц. Вот почему для излучения радиоволн нужен не просто переменный ток, а переменный ток высокой частоты.

При помощи колебательного контура можно получить электрические колебания практически любой частоты — от долей герца до многих сотен и тысяч мегагерц. Для этого надо только подобрать соответствующие емкости и индуктивности колебательного контура.

Открытый колебательный контур. Не следует думать, что достаточно создать в колебательном контуре высокочастотные колебания, для того чтобы он стал излучать в окружающее пространство радиоволны. Вот тут-то и приходится вспомнить «некоторые условия», о которых мы в свое время лишь упомянули.

Эффект излучения радиоволн тем ощутительнее, чем большее пространство охватывается электрическим и магнитным полями контура. Конденсатор же по размерам очень невелик и поле его, хотя и сильное, очень собрано, сжато. Оно занимает небольшой объем пространства. То же следует сказать и о магнитном поле: оно собрано, сжато вокруг витков катушки.

Такой колебательный контур, у которого емкость и индуктивность сосредоточены, вследствие чего поля ограничены небольшим

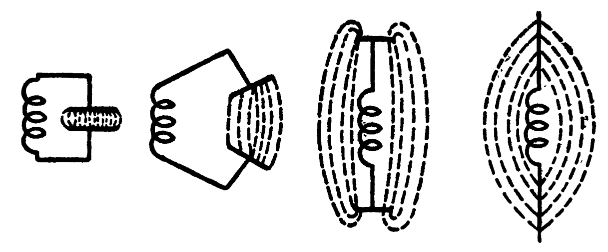


Рис. 7. Раздвигая пластины конденсатора, получим открытый колебательный контур.

объемом, называется замкнутым колебательным контуром. Применяя его в качестве излучателя радиоволн, можно ожидать не большего успеха, чем от попытки нагреть большую комнату раскаленным добела гвоздем.

Итак, чтобы усилить эффект излучения радиоволн, надо увеличить размеры электромагнитного поля.

Сразу же напрашивается решение раздвигать пластины конденсатора, и тогда в электрическое поле будут включаться все новые и новые части пространства. Но при раздвижении пластин уменьшается емкость конденсатора. Контур начнет создавать колебания иной частоты. Есть выход: одновременно с раздвижением пластин увеличивать их размеры, и тогда емкость конденсатора остается неизменной

На рис. 7 показано, как постепенное раздвижение пластин приводит к созданию открытого колебательного контура. Емкость у него образована двумя большими пластинами, удаленными одна от другой на значительное расстояние. Опыт показал, что вместо сплошной пластины лучше применять две длинные проволоки, так как они создают конденсатор вполне достаточной емкости.

Для большего охвата пространства электрическим полем одну проволоку на мачтах поднимают высоко вверх, а другую располагают у самой земли. Если по такому открытому колебательному контуру начнет протекать ток высокой частоты, излучение радиоволн обеспечено.

Когда А. С. Попов начал применять радиоволны для целей связи без проводов, он нашел необходимым увеличить размеры открытого колебательного контура. Одну проволоку он поднял на высокой мачте вверх, а другую зарыл в землю. Земля — достаточно хороший проводник и по своему действию вполне заменяет одну из пластин конденсатора. Емкость открытого колебательного контура была образована поднятой вверх проволокой и землей, разделенными слоем воздуха. Провод, поднятый кверху, получил название *«антенна»*. В переводе на русский язык с греческого это слово означает усики (насекомого). Это название дано было по внешнему сходству.

Честь изобретения первой в мире антенны принадлежит также А. С. Попову.

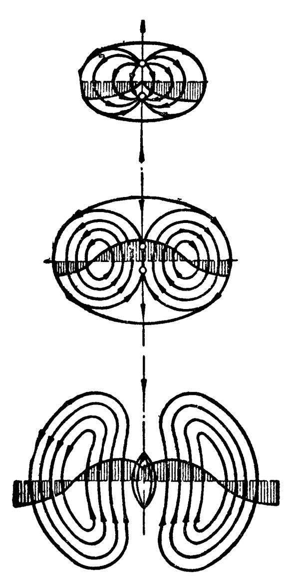
Мы уже знаем, что не могут раздельно существовать переменные магнитное и электрическое поля. Поэтому при циркулировании в открытом колебательном контуре токов высокой частоты в окружающем пространстве будет возникать электромагнитное поле.

Сила или, лучше сказать, напряженность этого поля будет тем большей, чем сильнее вызвавший его ток, чем больше амплитуда колебаний тока в контуре. Колебательный ток с небольшой амплитудой создаст вокруг антенны электромагнитное поле небольшой напряженности. Наоборот, ток с большой амплитудой создаст сильное электромагнитное поле. Чем больше напряженность поля, тем на более далеком расстоянии оно способно действовать.

Излучение радиоволн. Мы вплотную подошли едва ли не к самому сложному явлению, с которым имеет дело радиотехника,— к возникновению излучения радиоволн. Нам нужно «заставить» перемещаться переменное электромагнитное поле антенны. Опираясь на формулировку, приведенную в начале статьи, мы можем поставить знак равенства между перемещающимися электромагнитными полями и радиоволнами. Останется пояснить, в силу каких причин электромагнитное поле «покидает» антенну и «отправляется» в самостоятельное путешествие.

Электромагнитное поле антенны «дышит» с частотой вызвавшего его тока. Следуя за всеми изменениями тока в антенне, поле как бы втягивается в антенну, когда ток в ней уменьшается до нуля, и как бы разбухает, когда ток достигает максимального значения.

Ток в антенне не ждет. Счет идет на микросекунды. Электромагнитное поле должно поспевать вслед за током «втягиваться» и «разбухать». Тем участкам электромагнитного поля, которые находятся у самой поверхности провода антенны, не потребуется много времени на то, чтобы быстро «всосаться» обратно в антенну при «втягивании», т. е. в моменты прекращения в ней тока. Но участкам, находящимся на периферии огромного электромагнитного поля, придется поспешить. Может получиться, в действительности так и получается, что периферийные участки поля еще не успевают «втянуться» в антенну, как навстречу им начнет двигаться, «разбухая», новое поле. Оно не пропустит к антенне остатки уже «втянутого» поля (рис. 8).



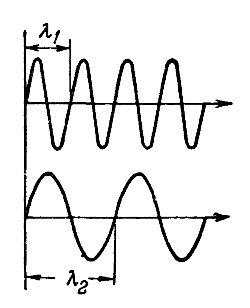


Рис. 9. Путь, который успевает пройти излучаемая радиостанцией волна за время одного периода колебаний тока в антенне, называется длиной волны.

Рис. 8. Антенна излучает радиоволны толчками, отгоняя их от себя.

«Запоздавшее» поле будет отброшено антенной. С каждым «вздохом» электромагнитного поля антенна будет толчками отбрасывать в пространство «опоздавшую» его часть. Оттесняя друг от друга в стороны, отброшенные части электромагнитного поля будут вынуждены отходить все дальше от антенны, перемещаясь в пространстве.

Так происходит излучение радиоволн.

Будь электромагнитное поле более «аккуратным», успевай оно своевременно «втянуться» в антенну, никакого излучения не получилось бы. У замкнутого колебательного контура поле очень небольшое. Почти все оно успевает аккуратно следовать за всеми изменениями тока. Не происходит почти никаких запозданий! Но зато практически не получается излучения радиоволн.

Длина волны. Скорость, с какой волны увеличивают расстояние между собой и антенной, нам уже известна: 300 000 *км* в секунду. Такую огромную скорость как нельзя лучше характеризует слово «излучение». Неслучайно все отрасли техники, использующие «перемещающиеся электромагнитные поля», получили приставку «радио»: радиосвязь, радиопеленгация, радионавигация, радиолокация и пр. Слово «радио» происходит от латинского слова «радиус», означающего «луч».

С каждым новым колебанием электрического тока в антенне в пространство излучается очередная волна. Сколько колебаний тока, столько волн. Но сколько бы волн ни излучалось, скорость их распространения строго постоянна. Через секунду после начала излучения «голова» первой волны окажется на расстоянии 300 000 *км* от антенны. Все остальные волны займут промежуточное положение между «головной» волной и антенной радиостанции. На долю каждой волны придется тем меньшее расстояние, чем больше волн излучает за секунду антенна, т. е. чем выше частота колебаний тока в антенне. Если частота тока равна 1 *Мгц*, то это значит, что за секунду антенна излучает 1 000 000 волн. Все они занимают в пространстве, считая по прямой линии в сторону от излучающей антенны, 300 000 *км*. На долю каждой волны придется

$$300\,000 : 1\,000\,000 = 0{,}3 \text{ км} = 300 \text{ м}.$$

Это расстояние есть путь, который успеет пройти волна, излучаемая радиостанцией за время одного колебания тока в антенне, т. е. за один период колебаний (рис. 9) Оно называется длиной волны, которая обозначается греческой буквой λ (ламбда).

При понижении частоты колебаний каждая волна займет больше места в пространстве. Если к примеру частота колебаний тока в антенне равна 100 *кгц* и, следовательно, антенна излучает в секунду 100 000 волн, то каждая волна «растянется» в пространстве на

$$300\,000 : 100\,000 = 3 \text{ км} = 3\,000 \text{ м}.$$

Наоборот, при повышении частоты колебаний тока в антенне волны должны будут «сжаться». При частоте 100 *Мгц* длина волны составит лишь

$$300\,000 : 100\,000\,000 = 0{,}003 \text{ км} = 3 \text{ м}.$$

Таким образом, чем меньше частота, тем больше длина волны (λ_2 на рис. 9). И, наоборот, чем больше частота, тем короче волна (λ_1 на рис. 9).

Длина волны λ и частота f обратно пропорциональны друг другу. Поэтому длину электромагнитной волны λ всегда можно вычислить, если разделить скорость распространения этой волны, равную 300 000 *км* в секунду, на частоту f. Для того чтобы длина волны получилась в метрах, как ее обычно принято выражать, скорость распространения также следует брать в метрах (300 000 000 *м*). Следовательно, можно написать:

$$\lambda\,(м) = \frac{300\,000\,000}{F\,(гц)},$$

или

$$f\,(гц) = \frac{300\,000\,000}{\lambda\,(м)}.$$

Если же частоту выражать в килогерцах, то в этих формулах для получения длины волны в метрах скорость распространения надо брать в километрах (300 000 *км*), т. е.

$$\lambda\,(м) = \frac{300\,000}{F\,(кгц)} \quad \text{или} \quad f\,(кгц) = \frac{300\,000}{\lambda\,(м)}.$$

ОТ МИКРОФОНА ДО АНТЕННЫ[1]

Шесть часов утра по московскому времени. В пространство несутся мерные удары кремлевских курантов, и затем раздаются торжественные звуки гимна. Едва отзвучали его последние ноты, как раздается спокойный, четкий голос диктора:

«Говорит Москва». . .

Так начинается день центрального радиовещания.

Знаете ли Вы, как происходят эти передачи?

Каким образом каждый звук, возникший в радиостудии, на театральной сцене или в другом месте, откуда ведут радиопередачу, мгновенно доносится к вам за сотни и тысячи километров?

Для того чтобы мы могли услышать радиопрограмму, нужно ее, во-первых, передать, а затем принять.

Задача передающей радиостанции состоит в том, чтобы превратить речь, пение музыку в электрический ток, а затем преобразовать последний в электромагнитные волны и излучить их в окружающее пространство.

[1] По разным источникам.

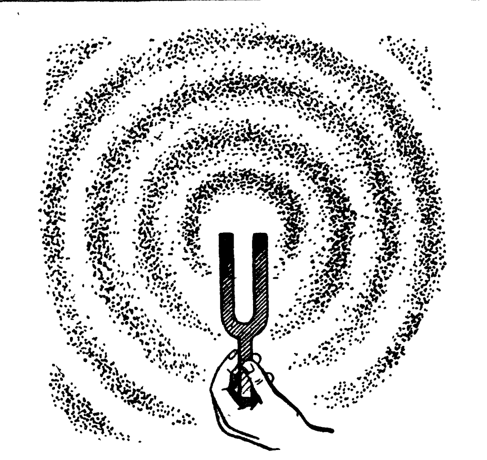


Рис. 1. Звуковые волны вокруг камертона.

Как же практически решается эта задача? Чтобы выяснить это, вспомним, что такое звук. Звук — это колебания какой-либо среды: воздуха, дерева, металла, воды и т. п. Звуковые колебания в неограниченном пространстве распространяются от источника звука по радиусам во всех направлениях. Средняя скорость распространения звука в воздухе 330 *м/сек*.

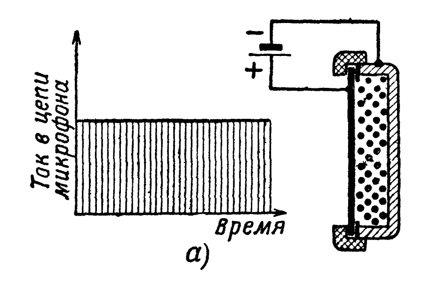
На рис. 1 условно показаны (на самом деле невидимые глазу) периодические «сгущения» и «разрежения» в звукопроводящей среде, которые и представляют собой звуковые колебания или звуковую волну.

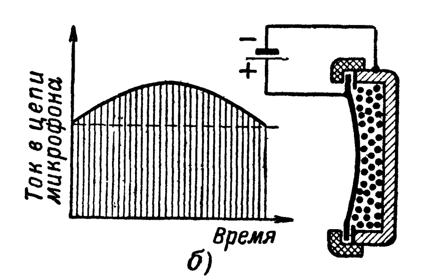
Наше ухо способно воспринимать как звук только колебания определенных частот (от 16 до 20 000 колебаний в секунду). Кроме того, амплитуда этих колебаний должна быть достаточно большой, т. е. звук должен обладать определенной силой, иначе мы не сможем его услышать.

Микрофон. И электромагнитные волны и звук — это колебания, но разной природы. Нет ли способа превратить звуковые колебания в электромагнитные? Есть. Для этого сначала нужно звук превратить в колебания электрического тока.

Прибор, преобразующий звуковые колебания в электрические, называется *микрофоном.* Опишем принцип действия простейшего микрофона.

На рис. 2 показана металлическая камера, в которую насыпан угольный порошок. С одной стороны эту камеру закрывает гибкая пластинка, укрепленная на изоляторах; со всех остальных сторон камера закрыта наглухо. Камера и пластинка присоединены к источнику постоянного напряжения, создающего в цепи постоянный ток. Но представьте себе, что мы начали говорить, приблизившись к пластинке. Если пластинка достаточно тон-





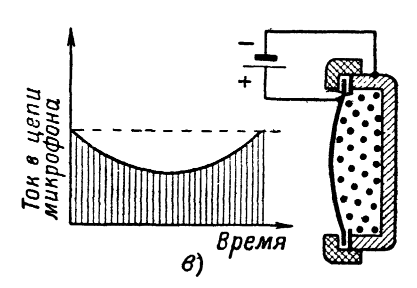


Рис. 2. Работа микрофона.

а — звука нет, в цепи микрофона течет постоянный ток; *б* — под действием звука мембрана вогнута, сопротивление уменьшилось, ток возрос: *в* — под действием звука мембрана выгнута, сопротивление увеличилось, ток уменьшился.

ка, то под действием звуковых волн, т. е. сгущений и разрежений воздуха, она начинает колебаться. При колебаниях пластинки будет изменяться сила ее давления на угольный порошок, отчего будет меняться сопротивление, оказываемое этим порошком электрическому току. Величина тока начнет меняться. В результате в цепи будет течь пульсирующий ток. Применив довольно простые электротехнические устройства, легко разделить пульсирующий ток на переменный и постоянный.

Мы сумели превратить звуковые колебания в переменный электрический ток. Но дело в том, что электрические колебания, созданные микрофоном, очень слабы; их следует усилить с помощью радиоламп, применяемых в специальных аппаратах — усилителях низкой частоты, а после этого можно передать их по проводам на радиостанцию.

Чтобы понять, как работает радиостанция, придется вернуться к колебательному контуру.

Снова о колебательном контуре. Вспомним наши рассуждения. Излучая радиоволны, антенна непрерывно посылает в пространство электромагнитную энергию высокой частоты, порцию за порцией. Эту энергию антенна получает из колебательного контура.

Откуда же беспрерывно черпает энергию сам колебательный контур? Очевидно, нужно осуществить устройство, передающее контуру все новые и новые количества энергии взамен тех, которые он с пользой передает антенне, и тех, которые бесполезно затрачивает в самом себе. Нельзя предполагать, что колебательный контур работает как какой-то «вечный» маятник.

Вот о работе устройств, обеспечивающих создание радиоволн, мы теперь и должны сказать.

Радиотехника знает много всяких способов «подбрасывания» энергии в колебательный контур. Все они, за исключением одного, были отвергнуты практикой. Дело в том, что подбрасывание новых порций электрической энергии в контур нужно производить в такт с колебаниями. Не вовремя подброшенная порция электрической энергии не только не поддержит колебания, но будет заглушать их.

Наиболее пригодный способ, посредством которого производится передача в контур новых и новых количеств электрической энергии, применяется уже около 40 лет. Мы имеем в виду использование электронной лампы, которая является душой современной радиотехники.

Для ознакомления с тем, как электронная лампа вместе с колебательным контуром создает токи высокой частоты, в качестве главного «действующего лица» мы возьмем трехэлектродную лампу. Для простоты объяснения принципа работы радиопередатчика мы воспользуемся этой старой заслуженной ветеранкой, а не современными более сложными генераторными лампами.

Поучительный эпизод. Известен интересный эпизод из истории развития паровой машины. Один мальчик был приставлен к примитивной старинной паровой машине. Обязанности мальчика были несложные, но весьма однообразные. В строго определенные моменты времени он должен был открывать и закрывать кран. Важно было не спутаться и не открыть кран раньше времени, чтобы не остановить машину. Мальчику, наделенному природной сообразительностью, надоело утомительное занятие. Желая выкроить хотя бы немного свободного времени для своих игр, он пустился на хитрость. Веревками соединил он кран с качающимся коромыслом машины, предоставив самой машине заботиться об открывании и закрывании крана в нужные моменты. Машина была переведена с ручного обслуживания на автоматическое. Краны открывались и закрывались без прикосновения рук.

Этот эпизод напоминает то, что двумя столетиями позже произошло с изобретением лампового генератора токов высокой частоты.

В 1913 г. была разработана первая схема лампового генератора, положившая начало ряду других схем, обеспечивающих удобные способы получения токов высокой частоты.

В это время знали, что радиолампа может усиливать слабые переменные электрические токи практически любой частоты. Знали и то, что если усиления одной лампы недостаточно, можно последовательными ступенями включить несколько электронных ламп одну вслед за другой. Несомненно, и до этого времени считали возможным усиленные таким образом мощные колебания высокой частоты подать прямо в антенну. В дверь стучалась идея создания ламповой передающей радиостанции. Не хватало одного: умения решить задачу — откуда взять первоначальный переменный ток, который следует подвести к сетке первой усилительной лампы.

И ученым пришла идея, с внешней стороны имевшая много общего с детской хитростью мальчика, обслуживавшего паровую машину. Они решили перевести электронную лампу на самообслуживание. Пусть она не ждет, когда ей соберутся подать к сетке переменное напряжение, а сама заботится об этом. Иными словами, лампу заставили заниматься

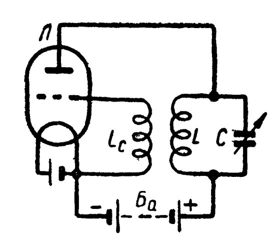


Рис. 3. Схема генератора с трансформаторной связью.

не только усилением уже ранее где-то и чем-то созданных переменных токов, но и самой возбуждать, генерировать их.

Таким образом, был создан первый ламповый генератор незатухающих колебаний.

Первый ламповый генератор. Схема этого генератора исключительно проста (рис. 3). В анодной цепи электронной лампы (триода) *Л* включен колебательный контур *LC*, а в цепи сетки лампы — катушка L_c, близко расположенная в контурной катушке *L*. Вот и весь генератор.

Чтобы понять, как работает ламповый генератор, сделаем небольшое допущение. Оно нужно только на короткое время, и мы от него вскоре откажемся. Представим себе, что в колебательном контуре *LC* уже поддерживаются незатухающие колебания. Ток в катушке *L* непрерывно меняет свое направление, и с такой же частотой заряжается и разряжается конденсатор *C*. Следуя за изменениями тока в контуре, меняются величина и направление магнитного поля вокруг катушки *L*. То возникая, то исчезая, оно воздействует на витки катушки L_c (пересекает их) и,как это получается в любом трансформаторе, по индукции наводит в них напряжение.

Но к катушке L_c присоединена сетка лампы; следовательно, с такой же частотой, с какой колеблется ток в контуре, будет меняться и напряжение на сетке. Сетка действует автоматически, она не ошибается: «плюс» на сетке увеличивает анодный ток, протекающий через лампу, а «минус»— уменьшает его.

Качели можно раскачивать, подталкивая их в такт. Эту обязанность в лампе с большим прилежанием выполняет сетка, получающая то положительные, то отрицательные заряды. Она не дает покоя анодному току, заставляя его совершать непрерывные колебания.

Так и не удается анодному току течь спокойно. Все время, пока нить (катод) лампы накалена, а на аноде лампы имеется положительное напряжение, ламповый генератор создает незатухающие колебания. Лампа за счет энергии анодной батареи *Б* покрывает все потери в контуре. Получается своего рода «идеальный» колебательный контур. Решена задача получения незатухающих колебаний.

Ламповый генератор может быть уподоблен заведенным пружинным часам или стенным часам с поднятыми гирями. Упругость пружины или вес гирь полностью компенсирует все тормозящие силы трения и заставляет часовой механизм работать безостановочно.

Теперь мы уже можем отбросить наше допущение. Пусть в анодном контуре нет затухающих колебаний. Но первый же толчок тока, вызванный включением генератора, импульсом создаст магнитное поле вокруг контурной катушки. Этот импульс будет передан сетке, и та незамедлительно сделает свое дело. Качели придут в движение. Раскачиваясь все более, они достигнут максимальных размахов, при которых раскачивающих усилий как раз хватит на преодоление всех сил, стремящихся остановить колебания.

Удалось точно построить генератор, который работает сам, без ручного или механического управления. Он сам себя принуждает к действию, самовозбуждается. Поэтому такой генератор называется самовозбуждающимся.

Обратная связь. Разнесите контурную и сеточную катушки на большое расстояние, чтобы магнитное поле контурной катушки не «зацепляло» за витки сеточной катушки, и все кончится. Колебания создаются только потому, что анодная цепь связана с сеточной и передает ей возбуждающие импульсы. Такая связь называется обратной связью: вместо того, чтобы колебания из анодной цепи поступали куда-либо дальше, «на выход», они (не полностью, а частично) передаются обратно, на сетку своей же собственной лампы. Сеточная катушка, посредством которой сетка связывается с цепью анода, называется катушкой обратной связи. Чем больше витков в ней и чем ближе она расположена к контурной катушке, тем большее напряжение индуктируется в ней, тем сильнее связь.

Итак, не электронная лампа создает колебания — они создаются в колебательном контуре. Но никогда бы контур не создал незатухающих колебаний, если бы лампа не подбрасывала в контур все новые и новые количества электрической энергии для компенсации всех потерь — полезных и вредных. Но и лампа не могла бы ничего передать контуру, если бы не получала энергию от источников питания — батарей или электрогенераторов, подающих напряжение на анод.

Темп колебаний или, лучше сказать, частоту навязывает колебательный контур. Колебания медленные, и электронная лампа будет в таком же медленном темпе передавать контуру очередные порции электрической энергии. Но ей никакого труда не составит производить это со скоростью нескольких миллионов или десятков и сотен миллионов раз в секунду. Попробуйте-ка вручную управлять электрической энергией с такой скоростью!

Трехточка. Мы уже указывали, что сетке лампы совершенно безразлично, откуда ей подается «раскачка». В схеме на рис. 3 обратная связь анодного контура с сеткой — *трансформаторная*. Вскоре было доказано, что иметь отдельную катушку обратной связи совершенно не обязательно. Для этого применили схему, у которой сетка (рис. 4) непосредственно присоединена к контурной катушке *L*. На сетку лампы *Л* подается напряжение, возникающее на части *А—Б* витков контурной катушки. Чем больше витков между точками *А* и *Б*, тем большее напряжение подается на сетку, тем сильнее обратная связь. Наоборот, передвигая соединительный проводник сетки к точке *Б*, мы уменьшали бы обратную связь. Такая связь называется *автотрансформаторной*. В принципе она ничем не отличается от трансформаторной. Оба способа представляют разновидности индуктивной связи: напряжение на сетке создается благодаря электромагнитной индукции.

Непременным условием действия схемы является такое соединение трех проводников от лампы *Л* к контуру *LC*, при котором провод от катода (нити) присоединяется между проводами от анода и сетки. Только тогда сеточные и анодные импульсы будут действовать в такт. Если анодный ток, например, должен увеличиваться, то для этого должно возрастать положительное напряжение на сетке.

Подачу порций энергии от лампы в контур строго в такт радиоспециалисты называют *подачей в фазе*. Схема с трансформаторной связью может не возбудиться, если импульсы на сетке не в фазе с импульсами анодного тока. В этой схеме правильная фазировка достигается очень просто: если генератор не возбуждается, достаточно переключить концы сеточной катушки. В схеме с автотрансформаторной связью нужно расположить проводники только так, как показано на рис. 4.

Весьма простая по своему устройству, состоящая всего лишь из колебательного контура, в трех точках соединенного с лампой, эта схема пользовалась в свое время особым расположением радиолюбителей. Почти все радиопередатчики первых коротковолновиков имели генератор «трехточку».

Задающий генератор. Ламповому самовозбуждающемуся генератору не хватает еще антенны, чтобы стать радиопередатчиком. Различие между мощными и маломощными радиостанциями заключается главным образом в степени усиления первоначально полученных в ламповом генераторе высокочастотных колебаний.

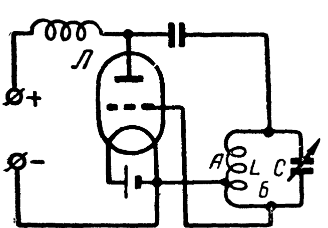


Рис. 4. Схема генератора с автотрансформаторной связью.

Если требуется мощность больше той, которую в состоянии отдать непосредственно самовозбуждающийся генератор, то применяют ступенчатое усиление все более мощными лампами. Иногда в одном усилительном мощном каскаде для увеличения мощности одновременно включают «в общую упряжку» несколько ламп — две, три и больше. Нередко можно встретить передатчик с тремя-четырьмя и даже семью-восемью каскадами. В таких условиях самовозбуждающийся ламповый генератор, первоисточник электрических колебаний, получает название *задающего генератора*: он «задает тон» всем остальным — усилительным каскадам, «раскачивает» их.

Задающий генератор — «сердце» передатчика. Остановится «сердце» — и все остановится. Первый усилительный каскад ничего не получит на сетку лампы от задающего каскада и поэтому ничего не передаст второму каскаду, второму нечего будет передавать третьему и т. д. Тщетно антенна будет ожидать получения токов высокой частоты от мощного оконечного каскада.

И «сердце» передатчика тщательно оберегают. Ему вредна перегрузка. На него действуют тепло, выделяемое током в различных деталях установки. Всякое изменение температуры приводит к изменению размеров металлических конструкций, в частности к изменению размеров деталей конденсатора и катушки контура. Меняется индуктивность — меняется емкость, а от этого меняется генерируемая частота, «гуляет» волна радиостанции. В поисках сигналов станции приходится все время перестраивать приемник.

Чтобы избежать неприятностей, от задающего генератора не требуют большой мощности — лишь бы он генерировал колебания строго определенной частоты. Как нежное растение помещают в оранжерею, так и задающий генератор часто помещают в камеру со строго постоянной температурой. Чаще же применяют особые стабилизаторы частоты, которые не позволяют генерируемой частоте отклоняться от заранее установленного значения, от номинала частоты.

Связующим звеном между ламповым генератором и антенной является питающая линия (*фидер*). Она играет роль плюса в несложном арифметическом выражении:

радиопередатчик = ламповый генератор + + антенна.

Питающая линия состоит из проводов или кабеля, соединяющих антенну с ламповым генератором.

Таким образом, мы познакомились с общим принципом действия радиопередатчика.

Включаем радиопередатчик. Через радиопередатчики может быть осуществлен любой вид работы: передача радиограмм с помощью телеграфной азбуки (радиотелеграфная передача), передача речи и музыки (радиотелефонная передача), буквопечатание и передача изображений.

Самый простой вид работы — прерывание колебаний; так поступают радисты, выстукивая ключом знаки телеграфной азбуки: при нажатии ключа замыкаются его контакты и серия высокочастотных колебаний поступает в антенну, при размыкании контактов подача колебаний в антенну прерывается. Короткое время включения соответствует точке, длинное — тире. Этот процесс называется *манипуляцией* (рис. 5).

Но таким способом можно передавать лишь условные знаки телеграфной азбуки. А если нужно передать речь или музыку, то прежде всего следует обратиться к помощи микрофона.

О первом этапе превращения звука в электрический ток мы уже знаем. Этот ток мы усилили и направили по проводам на радиостанцию. К передатчику, таким образом, звуки пришли в виде электрических колебаний низкой частоты. Что же теперь с ними делать?

Модуляция. Используемые для вещания на больших расстояниях радиоволны имеют длину от 15 до 2 000 *м*, а это значит, что частота, с которой колеблется вызывающий их электрический ток, равна 20 000 000 (20 *Мгц*) — 150 000 (150 *кгц*) колебаний в секунду. Самая же высокая звуковая (низкая) частота, которую способно воспринимать наше ухо, имеет примерно 20 000 колебаний в секунду.

Таким образом, получается, что колебания, которые мы можем услышать, имеют весьма низкую частоту и поэтому неспособны излучаться в пространство.

Колебания же, излучающиеся на огромные расстояния в виде электромагнитных волн, имеют очень высокую частоту. Такие колебания мы не можем слышать.

Остается, видимо, как-то приспособить высокочастотные колебания для «транспортировки» колебаний звуковой частоты.

Такой способ был найден. Колебания звуковой частоты заставляют воздействовать на колебания высокой частоты. Процесс воздействия низкочастотных колебаний на высокочастотные называется *модуляцией*.

Электрические колебания звуковой частоты трудно передать далеко, а с помощью высокой частоты они свободно перебрасываются вокруг всего земного шара.

Термин «модуляция» издавна применяется в музыке для обозначения перехода из одной тональности в другую — смены ладов.

В электротехнике модуляция — это изменение какой-нибудь из характеристик электрического тока — его величины, частоты, фазы — в соответствии с колебаниями какого-либо другого тока.

Модуляция — это не просто смешение токов, а такое воздействие низкочастотного тока на высокочастотный, когда низкочастотный ток как бы отпечатывает свою форму на высокочастотном.

Ток высокой частоты, на который воздействует телефонный разговор, называется модулируемым током, *модулируемым колебанием*. Говорят также: *«несущее колебание»*. Это удачное название. Оно хорошо показывает сущность процесса. Высокочастотное колебание после модуляции несет на себе (или в себе) отпечаток тока низкой частоты.

Процесс модуляции осуществляется с помощью специального устройства, называемого *модулятором*.

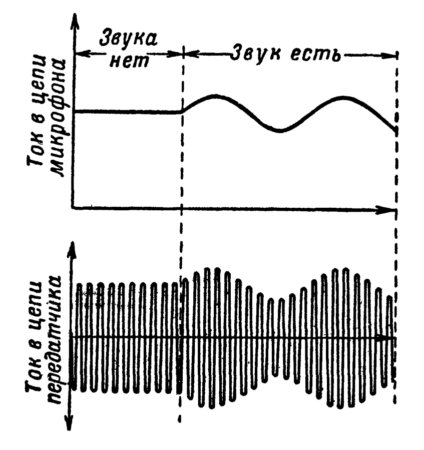


Рис. 6. Графическое изображение результата модуляции.

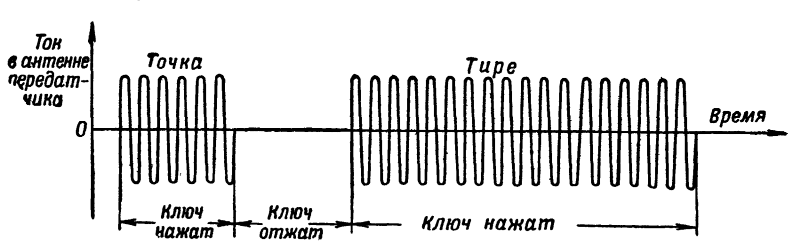


Рис. 5. Ток высокой частоты в антенне передатчика при телеграфной работе.

Модулятор осуществляет воздействие токов низких частот на высокочастотные колебания. Делается это в радиопередатчиках посредством специальных модуляторных ламп.

Высокочастотные колебания до модуляции ничем не отличаются одно от другого. Но вследствие действия электрических колебаний, поступающих с микрофона, амплитуда их меняется. Она становится то больше, то меньше. Эти изменения в точности соответствуют колебаниям микрофонного тока, а следовательно, и звуковым колебаниям. Так, на электрические колебания высокой частоты накладывается «отпечаток» (узор) передаваемых звуков, и в результате получаются модулированные колебания, которые излучаются радиостанцией (рис. 6).

Назначение радиопередающих станций очень разнообразно. Некоторые из них ведут передачи для всей страны и располагаются в больших помещениях. Любительская радиостанция часто свободно размещается на столе в квартире коротковолновика. Но как бы ни различались они по своему виду и размерам, принципиальной разницы в их работе нет. Радиотехнические процессы в них почти одинаковы и различаются они в основном только мощностью колебаний и длиной излучаемых радиоволн.

Каждая радиостанция — это фабрика радиоволн. Она потребляет электрическую энергию от батарей или от генератора, или от электрической сети и преобразует ее в высокочастотные электрические колебания, которые после усиления и модуляции попадают в передающую антенну. Отсюда они уже в виде радиоволн начинают свое путешествие к радиоприемникам.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН[1]

Антенна радиовещательной радиостанции является приспособлением, превращающим энергию электрических колебаний высокой частоты в энергию электромагнитных волн. Обычно эти волны распространяются от антенны во все стороны подобно свету от большого фонаря. Распространяясь вдоль поверхности Земли, радиоволны возбуждают электрические колебания во всех телах, способных проводить электрический ток. Энергия, заключенная в радиоволнах, постепенно тратится на возбуждение и поддержание этих колебаний.

Энергия радиоволн тратится на возбуждение электрических токов в металлических телах, но, как это ни странно на первый взгляд, бóльшая часть энергии радиоволн уходит в почву. Дело в том, что почва не является идеальным изолятором и поглощает в общем значительную часть энергии радиоволн Поэтому дальность распространения длинных и средних волн (о коротких волнах мы расскажем дальше) зависит не только от мощности радиостанции, но и от состояния почвы. Например, зимой, когда земля промерзла и покрыта снегом, она представляет собой намного худший проводник, чем летом. Поэтому зимой величины токов, возбуждаемых антенной радиостанции в почве, малы, вследствие чего длинноволновые и средневолновые радиостанции слышны зимой громче и дальше, чем летом.

Здесь уместно поставить вопрос: если радиоволны распространяются подобно видимому свету, то каким образом возможна радиосвязь на большие расстояния? Как радиоволны огибают поверхность Земли?

Прежде чем ответить на этот вопрос, нужно отметить еще одно обстоятельство: сила и дальность приема радиостанций зависят не только от времени года и состояния почвы. Каждый радиослушатель знает, что вечером и ночью длинноволновые и средневолновые радиостанции слышны громче, чем днем. Ночью становится возможен прием большого числа станций, не слышных днем.

Почему же время суток влияет на радиоприем? Какая причина вызывает это явление? Совершенно естественно думать, что это явление связано с деятельностью Солнца. Действительно, наблюдения показали, что ослабление радиоприема вызывается именно Солнцем. Оказалось, что во время солнечного затмения слышимость радиостанций улучшается, становясь в момент полного затмения почти такой же хорошей, как ночью.

Солнце посылает нам не только лучи видимого света. Кроме видимого света, оно в большом количестве испускает невидимые лучи, которые имеют ту же природу, что и радиоволны и видимый свет. Это — электромагнитные волны. Однако длина их меньше длины волны самого коротковолнового видимого света. Эти лучи называются ультрафиолетовыми.

Ультрафиолетовые лучи обладают большой энергией и очень активны. Именно они являются причиной потемнения человеческой кожи при загаре. Они обладают способностью убивать некоторые микроорганизмы, обесцвечивать отдельные краски и т. п. Ультрафиолетовые лучи способны разрушать атомы газов, из которых состоит воздух.

Известно, что каждый атом состоит из ядра и вращающихся вокруг него электронов. Электроны имеют отрицательный заряд. Ядро же заряжено положительно, причем положительный заряд ядра равен сумме отрицательных зарядов вращающихся вокруг него электронов. Положительный заряд ядра уравновешивается отрицательными зарядами электронов, поэтому атомы в обычном состоянии не имеют электрического заряда — они нейтральны (нейтроны).

Под влиянием ультрафиолетовых лучей из атома может вырваться электрон, и положительный заряд ядра уже не будет уравновешен электронами. Атом станет, таким образом, положительно заряженным, т. е. превратится в ион.

Кроме видимого света и ультрафиолетовых лучей, Солнце испускает поток летящих с колоссальными скоростями мельчайших частиц — электронов, протонов (ядер атомов водорода) и др Сталкиваясь с атомами газов, находящихся в верхних частях атмосферы, эти частицы также превращают часть из них

[1] По разным источникам. Использован материал из книги М. Е. Жаботинского и И. Л. Радунской «Радио наших дней».

в ионы[1]. В результате этого верхняя часть земной атмосферы оказывается насыщенной ионами и свободными электронами.

Предположение о том, что в верхней части земной атмосферы имеется ионизированная область (ионосфера), было высказано еще в 1902 г. английским ученым О. Хевисайдом и американским А. Киннели. Затем в течение многих лет эта область носила название «слой Хевисайда». Но мы будем называть ее современным названием — ионосфера.

Наблюдения показали, что ионосфера не является однородной средой и что свойства ее постоянно изменяются. В ионосфере имеются три слоя с наибольшей ионизацией, разделенных слабо ионизированными областями. Один из них расположен на высоте около 80 *км*, второй — на высоте около 200 *км* и третий — около 400 *км*. Иногда наблюдаются и другие слои, но при обычных условиях они влияют на радиоприем сравнительно мало. Строение ионосферы тесно связано с деятельностью Солнца. Под воздействием солнечного излучения, как было описано, в ионосфере непрерывно образуются новые положительные ионы и свободные электроны. Сталкиваясь при своем беспорядочном движении, часть этих ионов и электронов вновь объединяется в нейтральные атомы. Чем больше разрушенных атомов, тем чаще происходят столкновения между образовавшимися ионами и электронами. Поэтому в конце концов между этими противоположными процессами — разрушения и воссоединения атомов — устанавливается равновесие, после чего в ионосфере не происходит дальнейших заметных изменений.

Однако ночью атмосфера не подвергается действию солнечного излучения. Ионизация прекращается, но процесс воссоединения ионов и электронов в атомы продолжается. Поэтому ночью количество ионов и свободных электронов уменьшается. Это уменьшение тем больше, чем плотнее атмосфера, так как в плотной атмосфере встречи ионов и электронов происходят чаще, чем в разреженной атмосфере. Поэтому нижний ионизированный слой на высоте 80 *км* ночью исчезает совершенно, в то время как верхние слои ионосферы существуют и днем и ночью, хотя, конечно, количество ионов и свободных электронов в этих слоях ночью меньше, чем днем. Изменения, происходящие в ионосфере, изменяют условия радиоприема.

Каким же образом состояние верхних частей атмосферы влияет на условия радиоприема? Дело в том, что газы, насыщенные ионами и свободными электронами, приобретают совершенно новые свойства, отличные от свойств обычного воздуха. Они приобретают способность проводить электрический ток — становятся проводящими, а проводники, как известно, способны отражать электромагнитные волны. Поэтому радиоволны отражаются от ионосферы, подобно тому как видимый свет отражается от зеркала, и огибают поверхность Земли. Благодаря этому сила радиоприема на больших расстояниях оказывается намного большей, чем при отсутствии ионосферы. Однако, с другой стороны, свободные электроны ионосферы под действием радиоволн приходят в движение и тем самым поглощают часть энергии радиоволн. Сталкиваясь при своем движении с атомами газа, электроны передают им эту энергию. Таким образом, часть энергии радиоволн безвозвратно теряется в ионосфере.

Наибольшее поглощение длинных и средних радиоволн происходит в нижней части ионосферы, на высотах, меньших 100 *км*. После захода Солнца, когда нижние слои ионосферы исчезают, поглощение радиоволн резко уменьшается, а вместе с этим увеличиваются дальность и громкость радиопередач на длинных и средних волнах.

Первые радиовещательные станции работали на длинных волнах. Они использовали волны длиной 1—3 *км*. По мере увеличения количества радиостанций начали применять и более короткие волны

Оказалось, что слышимость этих более коротких волн, которые теперь обычно называются средними волнами, меняется в течение суток особенно сильно. В дневное время радиостанции, работающие на этих волнах, слышны только на сравнительно малых расстояниях.

Волны короче 200 *м* поглощаются ионосферой не очень сильно, но зато эти волны сильно поглощаются в земле, и поэтому в первые годы развития радио их считали вовсе непригодными для дальних радиопередач. Именно эти «бросовые» волны и были выделены для радиолюбительской связи.

Каково же было удивление радиоинженеров и физиков, когда начали поступать сообщения о том, что радиолюбители при помощи маломощных кустарных передатчиков, работавших на «бросовых» волнах, добились радиосвязи на тысячи и десятки тысяч километров.

Вначале специалисты отнеслись с недоверием к этим сообщениям. Еще велика была вера в известные в то время факты, которые убедительно говорили о том, что радиоволны поглощаются в земле тем сильнее, чем меньше длина их волны, и поэтому при одинаковой мощности передатчика дальность действия коротковолновой станции меньше дальности действия длинноволновой станции. Однако проверка показала, что радиолюбители говорили правду: маломощные коротковолновые передатчики можно было слышать за много тысяч километров. Но вместе с тем правы были и радиоинженеры. Короткие волны действительно поглощаются в земле намного сильнее, чем длинные. Как же примирить это противоречие?

Оказывается, что короткие волны слабо поглощаются в ионосфере. Поэтому они без сильного ослабления могут многократно отражаться от ионосферы и их можно принимать на самых больших расстояниях. Однако при этом сила приема сильно зависит от состояния ионосферы и, следовательно, существенно изменяется в течение суток.

Уточним, что обычно весь диапазон от 200 до 10 *м* называют короткими волнами, но собственно коротковолновыми считается диапазон от 10 до 50 *м*. Участок от 50 до 200 *м* называют промежуточными волнами.

На рис. 1 для сравнения показано распространение длинных и коротких волн. Длинные волны распространяются преимущественно непосредственно над земной поверхностью в виде поверхностной волны, а короткие волны — главным образом в верхних слоях атмосферы в виде пространственной волны.

Часть волн, излучаемых коротковолновой передающей антенной, движется вдоль земной поверхности. Но эта поверхностная волна коротковолнового диапазона быстро ослабевает из-за поглощения землей и уже на расстоянии в несколько десятков километров практически полностью затухает.

---

[1] Солнце испускает также инфракрасные (тепловые) лучи, длина волны которых больше длины волны видимого света, и, как установлено в последнее время, еще более длинные электромагнитные волны, которые ничем не отличаются от радиоволн и даже при известных условиях воспринимаются радиоприемниками, создавая помехи радиоприему. Однако эта часть излучения Солнца неспособна ионизировать атомы воздуха и не влияет на распространение радиоволн земных радиостанций.

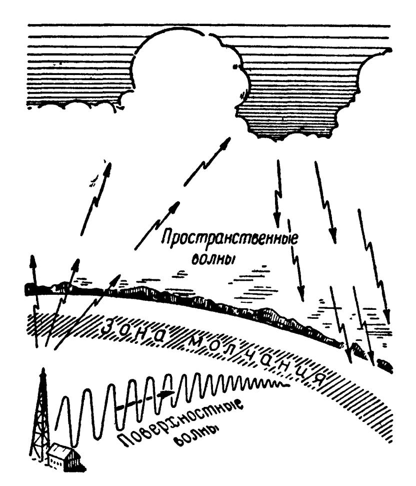


Рис. 1. Распространение коротких волн.

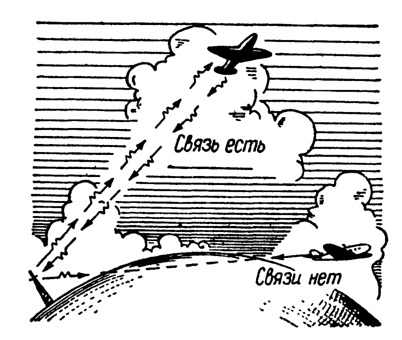


Рис. 2. Распространение ультракоротких волн

Пространственная волна, отразившись от ионосферы, возвращается на землю на расстоянии порядка сотен или тысяч километров. Область, до которой поверхностная волна уже не доходит, а пространственная волна еще не проникла, называется зоной молчания или мертвой зоной.

Высота отражающего ионизированного слоя, а следовательно, и размеры зоны молчания ночью больше, чем днем, и зимой больше, чем летом. Это создает большое непостоянство в слышимости коротковолновых радиостанций. Например, хорошо слышимая днем радиостанция может быть совсем не слышна ночью, так как ночью мертвая зона станет больше и может захватить приемную станцию. Такое неприятное явление особенно заметно на более коротких волнах (10—30 *м*), на которых зона молчания вообще больше. Поэтому многие коротковолновые станции и, в частности, вещательные днем работают на более коротких волнах (10—30 *м*), а вечером удлиняют свою волну до 30—50 *м*.

На коротких волнах также часто наблюдается более или менее резкое колебание и даже полное пропадание слышимости во время приема, называемое замиранием. Иногда оно проявляется так сильно, что прием становится невозможным. На более длинных волнах, примерно до 600—300 *м*, замирание также бывает, но гораздо реже и в меньшей степени.

Неустойчивость слышимости и зависимость распространения от времени года и времени суток являются главными недостатками коротких волн.

Тем не менее короткие волны используются очень широко. Ценным их свойством является то, что на всем диапазоне от 200 до 10 *м* можно разместить без взаимных помех около 3 000 радиовещательных станций, а число радиотелеграфных станций, которые могут без взаимных помех, работать в этом диапазоне, еще больше, так как для каждой из них требуется полоса частот не 9 *кгц*, а в несколько раз меньше.

Ультракороткие волны (УКВ), занимающие полосу от 10 *м* до 1 *мм*, как правило, могут распространяться только в пределах прямой видимости, так как они не преломляются в ионосфере и, попав в высокие слои атмосферы, обычно на землю не возвращаются. Однако это не следует понимать буквально (рис. 2).

Действительно, в обычных условиях ультракороткие волны, на которых, например, ведутся телевизионные передачи, распространяются в пределах прямой видимости.

Однако в распространении ультракоротких волн существенную роль играет явление рефракции, т. е. искривления пути радиоволн в результате неоднородности атмосферы. Радиоволны в этом случае распространяются не по прямым линиям, а изгибаются, как бы огибая земную поверхность. За счет некоторого огибания земной поверхности ультракороткими волнами в последние годы удалось вести дальний прием телевидения на расстоянии до 200—300 *км*.

Отдельным радиолюбителям удавалось вести и сверхдальний прием на расстоянии от 1 000 до 5 000 *км*. Этот прием нерегулярен и иногда невысокого качества, но он привлекает все большее и большее число любителей дальнего телевидения. Установлено, что распространение ультракоротких волн на большие расстояния происходит за счет определенных слоев ионосферы. В периоды солнечной активности возможности сверхдальнего приема улучшаются.

Научно-исследовательский институт Министерства связи, опираясь на большую группу энтузиастов дальнего приема телевидения, ведет изучение этого вопроса, и можно выразить надежду, что сложная проблема регулярного приема удаленных телевизионных центров со временем будет разрешена.

КАК ПРОИСХОДИТ РАДИОПРИЕМ[1]

«Говорит Москва!» — сказал диктор у микрофона.

И целое множество звуковых колебаний пронеслось по воздуху, достигло мембраны микрофона, заставило ее колебаться. Колебания мембраны превратились в колебания электрического тока. Последние, пройдя через усилители, с большой скоростью промчались по проводам к генератору радиостанции, который возбуждает колебания высокой частоты. Ток низкой частоты здесь воздействует с помощью модулятора на высокочастотные токи, т. е. как бы отпечатывает на них свою форму. Затем усиленный радиолампами ток высокой частоты попадает в антенну. Вокруг антенны радиостанции образуется переменное электро-

[1] По разным источникам.

магнитное поле, излучающееся и распространяющееся в окружающем пространстве со скоростью света.

Этот путь колебаний от микрофона до антенны описан в предыдущих статьях.

Проследим теперь дальнейший путь радиопередачи до громкоговорителя радиоприемника.

У входа в радиоприемник. Для приема радиопередач необходима приемная антенна. Она не отличается от передающей антенны, но назначение ее — другое. Она должна уловить энергию, которую несут радиоволны.

Когда переменное электромагнитное поле встречает на своем пути металлический провод антенны, оно воздействует на свободные электроны, заключенные в проводнике. Электроны приходят в колебательное движение и послушно повторяют все изменения электромагнитного поля. В результате в приемной антенне возникает переменный ток.

Этот ток очень мал. Но его изменения совершаются в такт с колебаниями приходящих радиоволн и, значит, в точности совпадают с изменениями тока, который протекает в антенне, излучающей радиоволны.

Приемная антенна соединяется с радиоприемником, к которому и подводятся электрические колебания, созданные в антенне. Теперь очередь за ним. Какие сложные задачи предстоит выполнить приемнику? Электрические явления, происходящие в схеме этого маленького радиоаппарата, пожалуй, сложнее тех, какие происходят в радиопередатчиках, занимающих иногда целые здания.

Как сортируются радиоволны. Включив радиоприемник, мы начинаем его настраивать, вращая одну из ручек.

Что же происходит при настройке приемника и почему она необходима?

В настоящее время имеется очень много передающих радиостанций. Они находятся в разных городах и ведут различные передачи. Одна из них передает доклад, другая — последние известия, третья — концерт и т. д.

Каждая станция излучает радиоволны, которые доходят до приемных антенн и возбуждают в них электрические колебания. Антенна в одно и то же время принимает все передачи. Если бы слушали их одновременно, то услышали бы такую смесь звуков, из которой ничего нельзя было бы понять. Чтобы этого не было, все радиостанции работают на разных волнах. Это значит, что каждая из них излучает электромагнитные колебания лишь определенной, только для нее установленной частоты. Следовательно, в приемной антенне любая радиостанция возбуждает колебания своей частоты, отличной от частот других станций. И вот, чтобы можно было слушать каждую передачу в отдельности, приемник отбирает из всех колебаний, возбуждаемых в антенне, только колебания одной радиостанции (рис. 1). Такая сортировка радиоволн происходит в колебательном контуре радиоприемника, куда попадают электрические колебания, принятые антенной. Здесь используются свойства *электрического резонанса колебательного контура.*

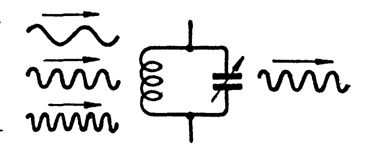


Рис. 1. Контур пропускает колебания с частотой, на которую он настроен.

Явление резонанса нам приходится наблюдать очень часто. Струну любого музыкального инструмента можно заставить звучать, не прикасаясь к ней, стоит только вблизи нее издать такой же звук, какой она сама может издавать. Например, положим на стол две одинаково настроенные гитары и заставим струну одной из них сильно звучать. Если прекратить тотчас же (прижав рукой) колебания этой струны, можно легко заметить, что одинаково настроенная струна другой гитары будет слабо звучать, хотя к ней и не прикасались.

Резонанс широко используется в музыке. Но в строительном деле стараются, наоборот, избежать резонанса. Строителям приходится вести с ним борьбу, так как механический резонанс может привести к разрушениям.

Лет 50 назад в Петербурге неожиданно рухнул висячий Египетский мост, когда по нему «в ногу» проходила войсковая часть. Возник резонанс, мост недопустимо сильно раскачался ритмическими толчками ног, и произошел обвал.

Резонанс — это отклик. Раскачиваемое устройство как бы «откликается» на толчки той же частоты, с какой оно способно колебаться само, если нарушить его покой. При совпадении ритма толчков с частотой собственных колебаний устройства размах колебаний такого устройства резко возрастает. Если же частота толчков не совпадает с собственной частотой, колебания получаются слабыми.

Поэтому, для того чтобы при одновременной работе нескольких станций Вы могли принять по желанию только одну из них, Вам нужно настроить Вашу антенну в резонанс с колебаниями, которые происходят в антенне нужной вам радиостанции.

Для этого как будто нужно изменить длину антенны, но это неудобно, да и почти не-

возможно. Вместо этого в антенну включают проволочную катушку. Оказывается, что в зависимости от того, какое число витков катушки включено в антенну, меняется частота, на которую она настроена. Увеличение числа витков катушки как бы удлиняет антенну: чем больше число витков, тем меньше становится собственная частота электрических колебаний в антенне.

Для того чтобы было удобно включать то или иное число витков, делают отводы. Передвигая ползунок переключателя, Вы включаете в антенну большее или меньшее число витков катушки и, таким образом, настраиваете ее в резонанс с колебаниями той или иной станции.

Это будет все же очень грубая настройка, так как она изменяется не плавно, а скачками. Поэтому переключателем обычно настраиваются на определенный участок (диапазон) волн, а затем подстраиваются точно на нужную станцию с помощью конденсатора переменной емкости, который вместе с катушкой и антенной образует колебательный контур приемника. Изменяя емкость конденсатора, мы также изменяем собственную частоту электрических колебаний антенны и заставляем ее отзываться на приходящие радиоволны той станции, передачу которой хотим слушать.

В «двери» радиоприемника «стучатся» радиоволны многих радиостанций. Но благодаря резонансу «вход открывается» сигналам только той радиостанции, на которую настроен приемник в данный момент.

Чтобы перейти на прием другой станции, необходимо изменить частоту собственных колебаний контура приемника путем изменения индуктивности или емкости.

Этот принцип настройки используется во всех современных радиоприемниках. Процесс настройки любого радиоприемника, который внешне сводится к вращению рукоятки и наблюдению за перемещением стрелки на шкале, есть не что иное, как настройка колебательного контура в резонанс с частотой электромагнитных волн, создаваемых радиостанцией, которую мы хотим услышать.

Амплитуды принимаемых сигналов обычно очень малы и их нередко приходится усиливать. Для этого в приемнике имеется специальный усилитель, т. е. радиолампа, которая увеличивает амплитуду принимаемых колебаний, не меняя их частоты. Такой усилительный каскад радиоприемника называется *усилителем высокой частоты.*

От детектора к громкоговорителю. Теперь приемнику нужно преобразовать модулированные колебания высокой частоты в колебания низкой частоты.

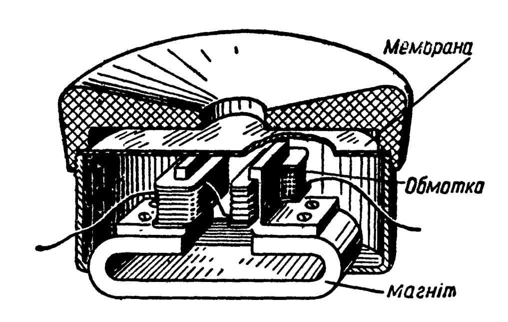


Рис. 2. Устройство телефона.

Поскольку несущие высокочастотные колебания выполнили свою роль и донесли колебания звуковой частоты до приемника, они нам более не нужны. Ведь высокочастотный модулированный ток не может непосредственно привести в действие обычный электромагнитный телефон.

Нам нужны теперь лишь низкочастотные колебания.

Преобразование модулированных колебаний высокой частоты — процесс, обратный модуляции. Он называется *демодуляцией* или *детектированием* по имени простейшего прибора, применяемого для этой цели, — детектора.

Детектор слово латинское и значит — раскрывающий, обнаруживающий. Это — прибор, обнаруживающий, выделяющий колебания низкой частоты. Детекторы бывают кристаллические, применяемые в основном в детекторных приемниках, и ламповые. В ламповых приемниках всегда есть лампа, служащая детектором.

Чтобы была ясна роль детектора, мы прежде рассмотрим принцип действия электромагнитного телефона.

Телефон представляет собой в сущности электромагнит, сердечник которого намагничен (так называемый поляризованный электромагнит). Вместо якоря электромагнита в телефоне употребляется тонкая стальная пластинка (мембрана), которая притягивается к электромагниту (рис. 2).

Если по обмотке электромагнита проходит ток, то он создает магнитное поле, которое либо усиливает притяжение постоянного магнита, либо ослабляет его (в зависимости от того, направлено ли поле электромагнита в ту же сторону, что и поле постоянного магнита, или в противоположную сторону).

В соответствии с этим мебрана либо больше, либо меньше притягивается к сердечнику электромагнита, т. е. совершает механические колебания, подобные тем электрическим коле-

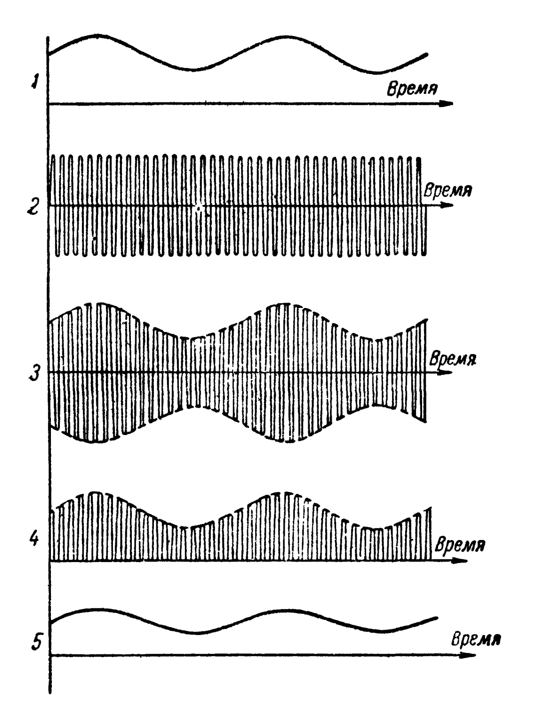


Рис. 3. Как преобразуются колебания от микрофона до телефона или громкоговорителя при радиопередаче в радиоприемнике.

1—ток в цепи микрофона—медленные колебания, управляющие амплитудой колебаний высокой частоты; 2—колебания высокой частоты до модуляции; 3—модулированные колебания; 4—продетектированные модулированные колебания; 5—ток в цепи телефона.

баниям, которые происходят в обмотке телефона.

Таким образом, телефон превращает электрические колебания в звуки. А для того чтобы телефон воспроизводил передаваемые звуки, нужно, чтобы токи в цепи телефона как раз соответствовали тем низкочастотным колебаниям, которыми был промодулирован передатчик.

Следовательно, модулированные высокочастотные колебания должны быть преобразованы в те более медленные колебания, которые соответствуют модуляции Эту задачу выполняет детектор.

Упрощенно действие детектора можно объяснить так. Детектор — это выпрямитель, т. е. прибор, который пропускает ток только в одном направлении. Поэтому модулированные высокочастотные колебания детектор преобразует в токи, текущие в одном направлении.

Мембрана телефона вследствие своей инерции не успевает следовать за отдельными высокочастотными импульсами (толчками) тока и отзывается на среднюю величину силы, создаваемой этими импульсами. Если импульсы сильнее, то мембрана притягивается сильнее; когда импульсы слабее, и мембрана притягивается слабее.

Но импульсы после детектора тем больше, чем больше амплитуда модулированных колебаний, подводимых к детектору. Поэтому мембрана совершает колебания, повторяющие те изменения амплитуды, которые происходят при модулированном колебании (рис. 3).

А это значит, что мембрана телефона воспроизводит те колебания, которые действовали на микрофон передающей станции.

Если полученные колебания низкой частоты дополнительно усиливаются после детектора, то вместо телефонных трубок применяется громкоговоритель.

Этим завершается сложный процесс радиопередачи.

Как видно из сравнения кривых *1* и *5*, ток в цепи телефона изменяется подобно току в цепи микрофона.

Любопытно отметить следующее. Если Вы находитесь, например, в 1 000 *км* от радиостанции, то каждый произнесенный в студии звук пройдет весь путь от микрофона до Вашего уха в 5 раз быстрее, чем он успеет достигнуть по воздуху стены той же студии, находящейся в 5 *м* от диктора.

Так велика скорость всех радиотехнических процессов.

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЗВУКА ЧЕЛОВЕКОМ[1]

Наряду с простейшими звуковыми колебаниями могут быть и сложные. Сложные звуки характеризуются одновременным наличием колебаний той или иной частоты. Такие звуки состоят из основной частоты (наиболее низкой) и частот, кратных основной (более высоких). Последние называют *гармониками* основной частоты. Наличие гармоник позволяет различать голоса отдельных людей и характеризует тембр, или «окраску», звука.

Человеческое ухо обладает способностью слышать звуки в очень большом диапазоне изменений звукового давления и разделяет их по частоте, громкости и другим их характерным особенностям.

Одной из существенных особенностей человеческого уха является то, что громкость звука (субъективное ощущение силы звука) воспринимается пропорционально не силе зву-

[1] В. Ю. Рогинский и В. З. Фейгельс, От микрофона до громкоговорителя (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1955.

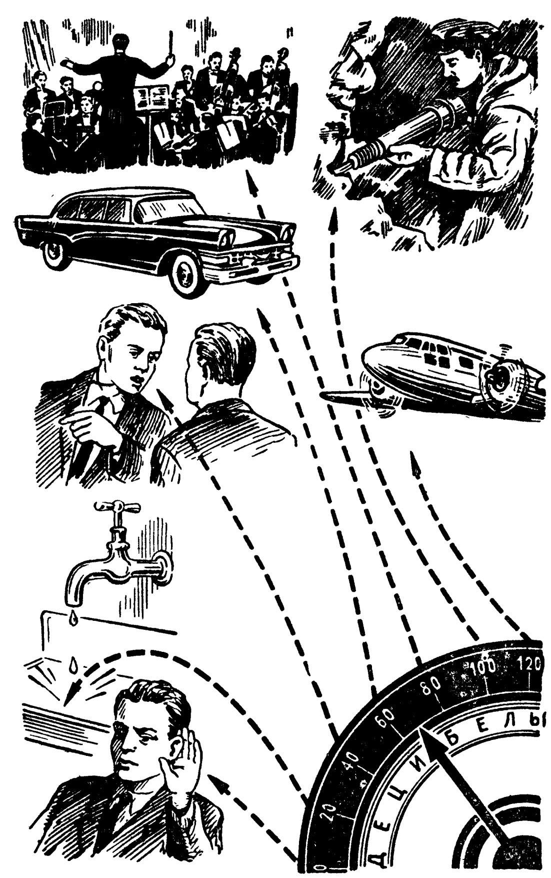


Рис. 1. Уровни громкости звука в децибелах.

ка, а логарифму его изменения. Такая особенность человеческого уха позволяет ему реагировать на звуки, отличающиеся друг от друга по своей силе в сотни миллионов раз. Самые слабые звуки, которые еще в состоянии воспринимать ухо, называют «порогом» слышимости. Если громкость звука еще уменьшить, то ухо перестанет его ощущать. Верхним пределом громкости является болевой предел, по достижении которого ухо перестает слышать звук и ощущать боль.

Пределы слышимости изменяются в зависимости от частоты звука. Порог слышимости на частоте 1 000 *гц* соответствует звуковому давлению 0,0002 *бар*. На частоте 100 *гц* порог слышимости соответствует звуковому давлению приблизительно 0,02 *бар*[1]. Следовательно, чувствительность уха на частоте 100 *гц* в 100 раз ниже, чем на частоте 1 000 *гц*.

[1] Теперь действует новый ГОСТ на единицы звукового давления.

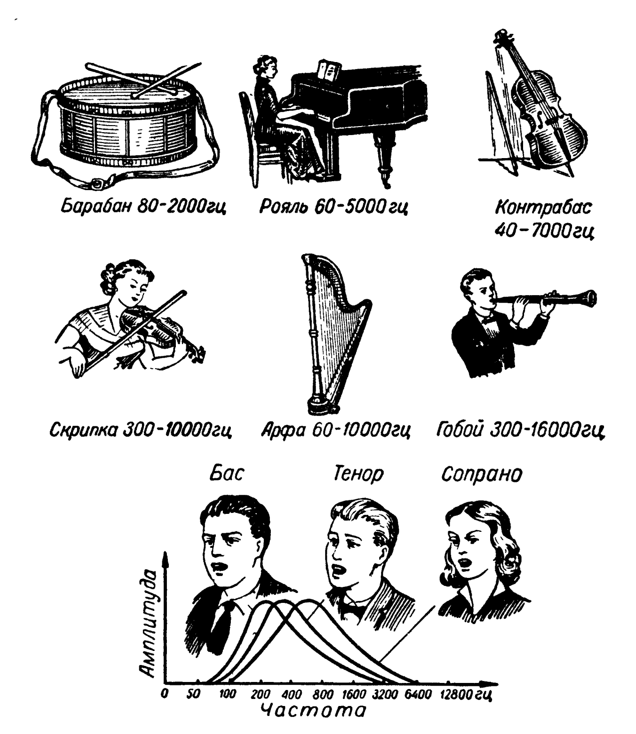


Рис. 2. Частоты колебаний музыкальных инструментов и человеческих голосов.

На частоте 1 000 *гц* порог болевого ощущения составляет 1 000 *бар*, что соответствует увеличению давления по сравнению с порогом слышимости в 5 млн. раз. Технически удобнее исчислять изменение давления или интенсивности звука в децибелах (*дб*). Примеры различных уровней силы звука в децибелах приведены на рис. 1.

Благодаря способности уха различать звуки по их частоте мы имеем возможность отличать друг от друга разные источники звука. Основные частоты музыкальных инструментов и человеческих голосов не выходят за пределы 40—8 000 *гц*. Однако для неискаженной передачи всех оттенков речи и особенностей звучания некоторых музыкальных инструментов и типичных голосов надо передавать и колебания более высокого порядка вплоть до 16 000 *гц*. Частоты колебаний музыкальных инструментов и некоторых голосов приведены на рис. 2.

Если при передачах по радио или телефону не обеспечивается воспроизведение всей полосы частот, свойственных данному инструменту или голосу, то возникают искажения.

ИСКАЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ЗВУКА[1]

При передаче звуков возможны два вида основных искажений: частотные и нелинейные.

Частотные искажения заключаются в том, что при преобразовании звуковых колебаний в электрические, усилении последних и преобразовании их затем в звуковые происходит неодинаковое усиление колебаний разных частот. Некоторые из колебаний воспроизводятся лучше, другие — хуже. Если, например, в процессе преобразований высокочастотные составляющие колебания воспроизводятся хуже, чем низкочастотные, то голос женщины можно принять за мужской. Характерные для женского голоса колебания высокой частоты будут воспроизводиться плохо.

Отсутствие искажений необходимо также для того, чтобы можно было отчетливо разбирать слова. При больших частотных искажениях оказывается трудно на слух различить некоторые звуки и слова, сходные по звучанию.

Нелинейные искажения заключаются в том, что в процессе преобразования звука к нему добавляются колебания, ранее в нем не содержавшиеся. В результате при воспроизведении звука с резко выраженными нелинейными искажениями ясно слышится «дребезжание».

Если, например, усиливаются колебания какой-либо определенной частоты, то при отсутствии нелинейных искажений мы получим колебания той же частоты, но с большей амплитудой.

При наличии же искажений к колебаниям этой частоты прибавятся колебания кратных частот (удвоенной, утроенной и т. д.), т. е. второй, третьей и т. д. гармоник. Поэтому величина нелинейных искажений определяется коэффициентом гармоник, характеризующим процент содержания гармоник. Считается допустимым, если коэффициент гармоник менее 5%. При коэффициенте гармоник больше 17% звучание становится неприятным.

---

[1] В. Ю. Рогинский и В. З. Фейгельс, От микрофона до громкоговорителя (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1955.

ЛИТЕРАТУРА

Г. М. Давыдов, «Говорит Москва», изд. 2-е, переработанное, Связьиздат, 1957.

Книга знакомит с историей развития радио в нашей стране, с основами электротехники, с работой радиостанции, трансляционной сети и студийной аппаратурой.

И. П. Жеребцов, Радиотехника, изд. 4-е, переработанное и дополненное, Связьиздат, 1958.

Содержание книги представляет собой первую ступень основ радиотехники и рассчитана на читателя, имеющего общеобразовательную подготовку в объеме 10 классов и изучавшего предварительно основы электротехники.

А. П. Плонский, Как человек приручил волну, Изд. «Советская Россия», 1958.

Весьма популярный рассказ о том, что такое радио, как происходят радиопередача и радиоприем (первая часть книги), и очерки современных достижений радиоэлектроники (вторая часть).

С. Э. Хайкин, Словарь радиолюбителя, изд. 2-е, переработанное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

Словарь содержит истолкование большого числа понятий и явлений, с которыми радиолюбитель может встретиться при чтении литературы. Основная задача словаря — помочь радиолюбителю пополнять и уточнять свои знания по радиотехнике.

Ю. А. Браммер и В. А. Малинский, Радиотехника, Госэнергоиздат, 1961.

Учебное пособие по курсу теоретической радиотехники для техникумов. Приведены сведения о радиотехнических элементах. Рассмотрены нелинейные элементы радиотехнических устройств — электронные лампы, электронно-лучевые трубки и полупроводниковые приборы, вопросы получения и усиления колебаний различных частот. Изложены основы импульсной техники.

Г. П. Грудинская, Распространение ультракоротких волн, изд. 2-е, переработанное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

В книге приводятся сведения о радиоволнах, антеннах, электрических свойствах поверхности земли и атмосферы и рассматриваются особенности распространения радиоволн различных диапазонов, в основном ультракоротковолнового.

Рассчитана на руководителей радиокружков.

С. Л. Давыдов, И. П. Жеребцов и Ф. Л. Левинзон-Александров, Радиотехника, изд. 3-е, исправленное и дополненное, Воениздат, 1961.

В книге, рассчитанной на курсантов училищ связи и сержантов войск связи, излагаются физические основы радиосвязи и принципы работы передающих, приемных и усилительных устройств, применяемых в военных приемо-передающих радиостанциях.

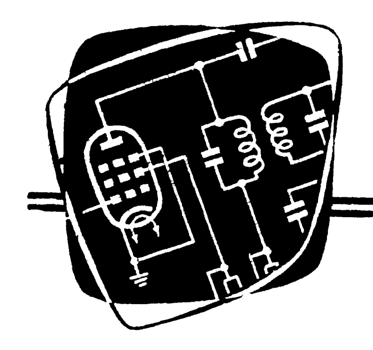
Книга сельского радиолюбителя, Изд. ДОСААФ, 1961.

Приведены сведения об электротехнике и радиотехнике, радиоприемниках, усилителях, источниках питания, антенных устройствах, телевизионных приемниках, электронных лампах и полупроводниковых приборах. Приводятся описания любительских радиоприемников, КВ и УКВ аппаратуры.

Ю. В. Костыков и Л. Н. Ермолаев, Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1961.

Кроме главы об основах электротехники, в книге имеются следующие главы: азбука радиотехники, радиоприем, антенна и заземление, радиосхемы и детекторные радиоприемники, электронные лампы, полупроводниковые приборы, детали, питание радиоаппаратуры, усилители низкой частоты, простейшие радиоприемники, в мастерской радиолюбителя.





Глава четвертая

РАДИОСХЕМЫ

ВОЗНИКНОВЕНИЕ РАДИОСХЕМ[1]

Всего каких-нибудь 70—80 лет назад люди, желавшие изобразить устройство электрического прибора или аппарата, вынуждены были форменным образом рисовать целую картину: внешний вид отдельных деталей, соединительных проводов и даже стол, на котором все это располагалось. Провода, как правило, рисовали завитыми в спирали. Провод в те времена изготовлялся вручную, стоил дорого и его берегли, применяя одни и те же отрезки в разных экспериментах, не отрезали лишних кусков, а для того чтобы не получалось путаницы излишне длинных проводов, их свертывали в длинную спираль, которую можно было растягивать в меру необходимости.

Нарисовать такой прибор мог только тот, кто обладал художественными навыками, и, как правило, такой рисунок требовал затраты большого труда. Электротехникой, а затем и радиотехникой часто занимались лица, не умевшие рисовать. По необходимости они пользовались сильно упрощенными рисунками различных электрических деталей. Чем проще по начертанию были такие рисунки, тем легче было их воспроизводить и тем большее распространение они получали. В конце концов эти рисунки стали настолько условными, символическими, что порой нелегко бывает представить себе их исходный вид. Такие упрощенные и общепринятые рисунки называют *условными обозначениями.* При этом в разных областях техники применяют свои системы условных обозначений.

На вкладке в конце книги приведена наиболее широко распространенная теперь система условных обозначений в радиотехнике. Некоторые из условных обозначений настолько наглядны, что легко себе представить рисунок и деталь, от которых они происходят. Например, точка на символе соединения проводов условно изображает каплю олова, обеспечивающую электрический контакт; символ телефонов очень напоминает рисунок телефонов с оголовьем; символ катушки индуктивности очень близок по начертанию к рисунку цилиндрической бескаркасной катушки. Такое внешнее сходство изображения символа и рисунка очень облегчает запоминание.

Но есть и такие схемные обозначения, которые не напоминают изображаемых деталей. Примером могут служить обозначения гальванических элементов (на вкладке рис. 15) или вентилей (см. верхние схемы рис. 4 на стр. 84), внешний вид которых показан на вкладке (рис. 33).

Из отдельных условных изображений составляют радиосхемы, называемые *принципиальными.* Не зная условных обозначений, невозможно прочесть схему. Поэтому важно прежде всего внимательно рассмотреть вкладку и запомнить приведенные на ней условные обозначения. В дальнейшем, составляя схему, важно заботиться о том, чтобы пропорции между символами были такими же, как на вкладке, иначе схему будет трудно читать другим.

ОСОБЕННОСТИ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ

Современная система условных обозначений элементов радиотехнических устройств во многом напоминает систему обозначения звуков речи буквами или звуков музыки — нотами. Сформировалась особая письменность, оперирующая радиотехническими символами и понятная только радиотехникам. Она продолжает изменяться и совершенствоваться и в наши дни.

Необходимо заметить, что подобно тому, как знание букв еще не означает умения свободно читать, так и знания радиотехнических условных обозначений само по себе еще не-

[1] Глава написана для Хрестоматии М. А. Згутом.

достаточно для того, чтобы в полной мере и без затруднений пользоваться принципиальными схемами.

Рассматривая современные радиосхемы, можно заметить ряд их особенностей. Прежде всего все радиосхемы являются плоскими изображениями пространственных по своей конструкции устройств. Например, детали телевизора довольно плотно заполняют некоторый объем, тогда как его схема представляет собой плоский чертеж, на котором трудно, а порой и невозможно отобразить особенности расположения реальных деталей. Стремление отобразить на принципиальной схеме особенности конструктивного размещения деталей или, как говорят, топографию размещения является вредным стремлением, так как мешает понятности схемы, препятствует легкости ее чтения.

Другой особенностью этих схем является необычайно обобщенный характер условных обозначений. Действительно, каждое из условных обозначений графически отображает только идею работы соответствующей детали, но ни в какой мере не характеризует конструкцию, размеры или иные физические параметры. Соединительная линия на принципиальной схеме изображает только идею электрического соединения выводов двух различных деталей. Фактически такое соединение может быть выполнено самыми различными способами: тонким или толстым, голым или изолированным, длинным или коротким, медным или серебряным проводником. Часто это соединение может быть осуществлено совсем без помощи отдельного проводника — вывод одной из деталей припаивают непосредственно к выводу другой детали. Таким же образом символ катушки индуктивности совсем не дает возможности судить о конструктивном выполнении, форме, размерах и даже о числе витков реальной катушки, не говоря уже о сечении или марке провода.

Но если условные изображения так мало говорят о физических параметрах деталей, если вся схема в целом не дает какого бы то ни было представления о реальном размещении деталей, то почему же принципиальные схемы получили такое широкое распространение, почему ни один радиотехник не может обойтись без помощи схем? Главная причина этого как раз и кроется в обобщенности как отдельных символов, так и целых схем. Подобная обобщенность дает неоценимые преимущества с точки зрения удобства размышления о схемах, о процессах, протекающих в радиотехнических приборах. Возможность отвлечься от конструкции позволяет при размышлениях о работе радиоустройства целиком сосредоточиться на электрических процессах, происходящих в нем. Очень часто можно наблюдать, как опытный радиотехник, ремонтируя или налаживая сложный прибор, временами отвлекается от реального сооружения и погружается в размышления над схемой; только сообразив по ней, как протекают электрические процессы, он возвращается к реальному прибору.

Облегчению чтения в схемах посвящено все, в том числе и строгое однообразие символов. Человек, читающий текст в книге, не обращает внимания на рисунок шрифта только потому, что этот шрифт однообразен. Слово, составленное из букв разных размеров или рисунка, пРоЧиТыВаЕтСя уже гораздо медленнее и с бо́льшим трудом. Зато однообразный шрифт дает возможность сосредоточить свое внимание целиком на идеях, заложенных в словах.

Условные обозначения с небольшими изменениями одинаковы у радиотехников всех стран мира. Язык радиосхем стал международным подобно методам записи алгебраических или химических формул. Многие радиолюбители, совсем не знающие иностранных языков, прекрасно понимают устройство и принцип работы различных радиоустройств, рассматривая схемы в зарубежных журналах.

Во всех европейских языках текст читают слева направо, арабский текст пишут справа налево, по-китайски пишут сверху вниз. Радиосхемы были разработаны в Европе, поэтому вполне естественно, что принципиальные схемы строятся и читаются в основном слева направо. Всякое нарушение этого порядка неизбежно затрудняет чтение схемы.

Для того чтобы научиться читать печатный текст, требуется некоторое время. Подобно этому и умение размышлять о работе радиосхем, продумывать пути следования сигналов, понимать распределение сигналов во времени — все это приобретается постепенно, в процессе практики чтения и обдумывания работы радиосхем.

ВИДЫ РАДИОСХЕМ

Принципиальные радиосхемы являются не единственным видом чертежей, используемых для пояснения работы радиотехнических устройств, для размышлений над их работой. Широкое распространение получили также блок-схемы и монтажные схемы.

Блок-схемы названы так потому, что составляются из условных изображений блоков. *Блоком* в радиотехнике называют любую не-

зависимую часть всего устройства. Понятие «блок» представляет собой очень широкое обобщение, гораздо более широкое, чем любой из символов принципиальных схем. Блоком может считаться как небольшая часть устройства, содержащая всего несколько мелких деталей, так и существенный, громоздкий узел, объединяющий большое число деталей. На блок-схемах отдельные блоки обозначают квадратиками или прямоугольниками, реже — кружками. Электрические соединения между блоками показывают чрезвычайно упрощенно, одной или двумя линиями, опуская все второстепенные связи. Блок-схемы применяют для изображения взаимосвязей между отдельными частями радиотехнического прибора, путей прохождения основных сигналов.

Для пояснения назначения блоков поступают по-разному. В одних случаях на изображении блока помещают полную или сокращенную надпись (например: *Генератор* или *Г*). Иногда такую надпись помещают возле символа блока. В других случаях символы блоков просто нумеруют, а пояснительные надписи, раскрывающие смысл этих номеров, помещают на полях чертежа. В иных блок-схемах внутри символов ставят значки, которые в упрощенном виде представляют собой какой-либо общеизвестный график (например, вольт-амперную характеристику диода в блоке детектора) или значок, представляющий собой условное обозначение из принципиальных схем (например, условное обозначение вентиля в блоке детектора). Изредка, для того чтобы выделить какой-либо из блоков, для него применяют более сложное обозначение, представляющее собой силуэт одной из самых характерных или существенных деталей блока.

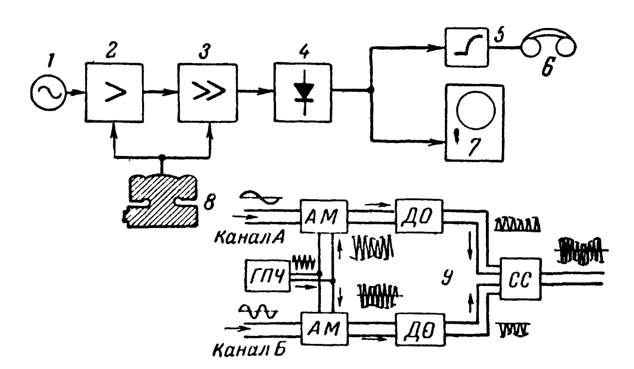


Рис. 1. Условные обозначения на блок-схемах.

1 — генератор переменного напряжения (или вообще сигнала); 2 — усилитель напряжения; 3 — усилитель мощности; 4 — блок, содержащий вентиль (в частности, детектор); 5 — фильтр нижних частот (кривая внутри квадрата представляет собой упрощенный чертеж характеристики пропускания фильтра); 6 — символ принципиальных схем (в данном случае — головные телефоны); 7 — упрощенное изображение устройства (в данном случае — осциллографа); 8 — обозначение устройства посредством изображения его характерного силуэта (в данном случае — электрическая машина); 9 — образец блок-схемы по двухпроводной системе с обозначением форм напряжений, действующих в разных местах схемы.

Соединения между блоками изображают одной или двумя сплошными линиями, а последовательность прохождения сигнала — стрелками на этих линиях. Для того чтобы показать, как меняется форма сигнала (особенно в телевизорах), в различных местах блок-схемы помещают графики зависимости тока или напряжения от времени. Точка схемы, в которой должна наблюдаться такая кривая, указывается сноской, причем сама кривая иногда заключается в кружок. Примеры, приведенные на рис. 1, поясняют различные начертания блок-схем.

Монтажные схемы в отличие от принципиальных и блок-схем предназначены для упрощенного пояснения конструктивных особенностей радиотехнических приборов. В зависимости от необходимости, от уровня подготовки тех, для кого предназначены монтажные схемы, последние могут в большей или меньшей степени приближаться к рисунку внешнего вида соединений и деталей. На монтажных схемах показывают размещение деталей на шасси, расположение и нумерацию их выводов. В наиболее подробных схемах показывают также прокладку соединительных проводов.

Монтажная схема позволяет понять, например, как следует установить в гнезде ламповую панельку, чтобы обеспечить наиболее рациональную прокладку соединительных проводников, как и где разместить навесные детали монтажа (мелкие конденсаторы и сопротивления, которые подвешивают на их собственных выводах).

Многие радиолюбители, особенно те, кто уже собрал два-три приемника, но еще не приобрели достаточного опыта сознательного конструирования радиоаппаратуры, часто недооценивают важность монтажных схем, необходимость придерживаться их при изготовлении радиоаппаратуры. Они не особенно задумываются над паразитными связями, возникающими между деталями, проводами, элементами конструкции. Пренебрежение к уже отработанной конструкции и произвольное, несознательное ее изменение может при неудачном стечении обстоятельств привести к самовозбуждению прибора или к снижению его технических показателей.

На рис. 2 приведены схемы всех видов: блок-схема, принципиальная и монтажная — для одной и той же приемо-передающей радиостанции[1]. В верхней части рисунка пока-

[1] «Радио», февраль 1958 г., стр. 24.

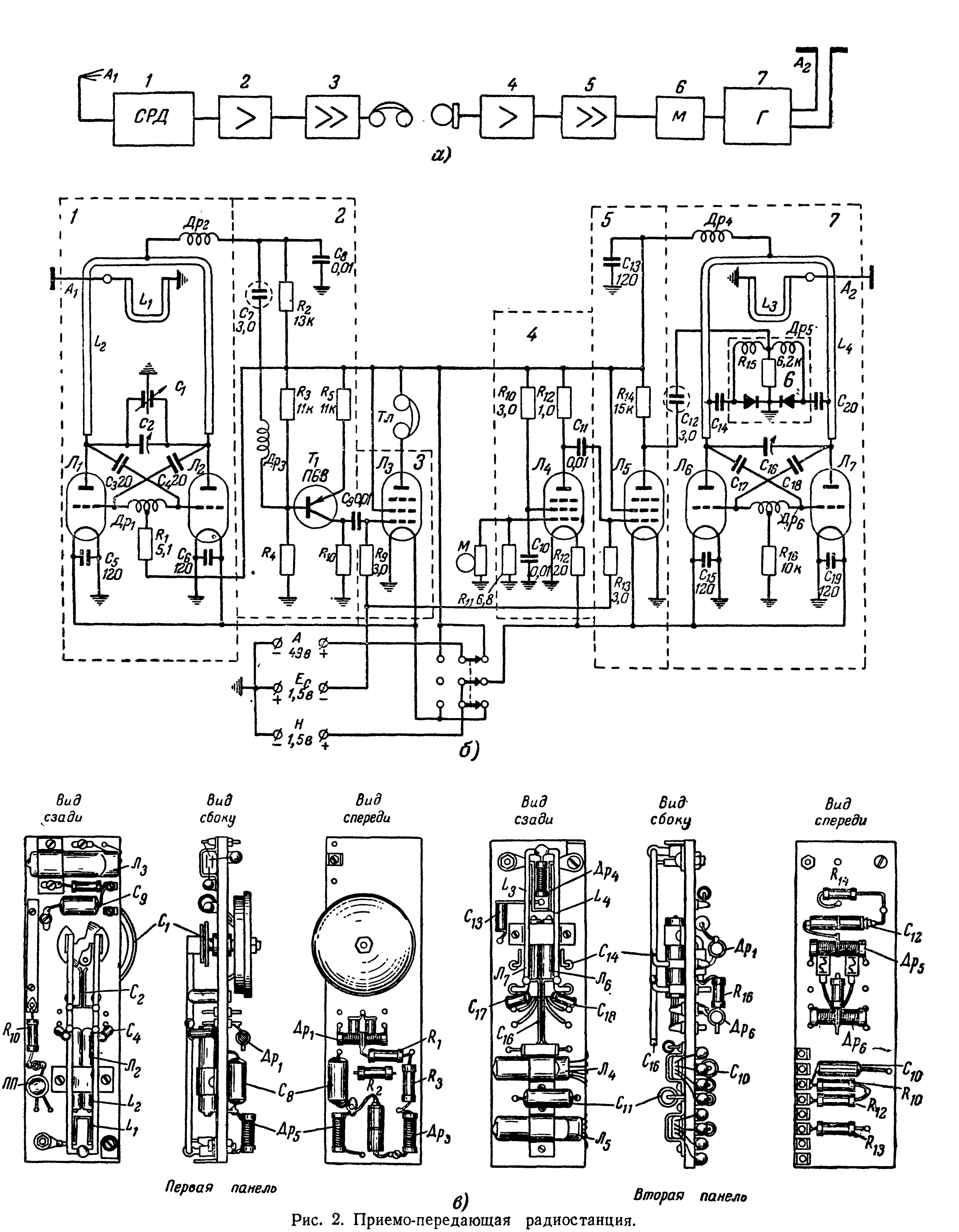


Рис. 2. Приемо-передающая радиостанция.

а — блок-схема; *б* — принципиальная схема (пунктирными линиями обведены участки, содержащие детали, входящие в отдельные блоки); *в* — монтажная схема.

зана блок-схема радиостанции, которая, как видно, читается слева направо. Принципиальная схема, помещенная на рис. 2, читается тоже слева направо. Пунктирными линиями на ней ограничены участки, содержащие условные обозначения деталей, входящие в соответствующие блоки. В нижней части рисунка размещены монтажные схемы отдельных панелей радиостанции. По обозначениям на монтажной схеме легко можно понять, где и как размещены отдельные детали.

КАК ЧИТАТЬ РАДИОСХЕМЫ

Если внимательно проследить, как грамотный человек читает печатный текст, то можно обнаружить удивительное обстоятельство: слова узнаются и прочитываются сразу, так сказать, одним махом, каждое слово целиком. При этом небольшие ошибки, опечатки, перестановки букв в отдельных словах такой человек не всегда и заметит. Совсем иначе читают люди, плохо владеющие грамотой или данным языком. Они читают слова по буквам или по слогам.

Нечто похожее имеет место и при чтении радиосхем. При наличии некоторой квалификации чтение принципиальных схем происходит тоже не по условным обозначениям отдельных деталей, а по целым узлам схемы. Такой узел узнается сразу, с одного взгляда. Но для того чтобы такое узнавание происходило без труда, сразу, нужно привыкнуть к традиционному начертанию, вернее — к традиционной компоновке характерных узлов радиосхем. Кроме того, конечно, необходимо, чтобы и сама схема была вычерчена с соблюдением таких традиционных способов компоновки обозначений на схемах. Рис. 3 показывает, что если изменить компоновку отдельных условных обозначений, то схема в общем представляется совсем незнакомой. Даже опытные радиотехники, рассматривая принципиальные схемы, вычерченные неудачно, запутанно или необычно, вынуждены бывают сначала приводить отдельные узлы к общепринятому, традиционному виду, а затем уже соображать, как протекает работа схемы. Чем выше радиотехническая квалификация, тем легче выполнять это не на бумаге, а в уме. Поэтому начинающим радиолюбителям очень полезно бывает побольше практиковаться в разборе схем, просматривать не только те схемы, которые они предполагают осуществлять в своей работе, но и много других.

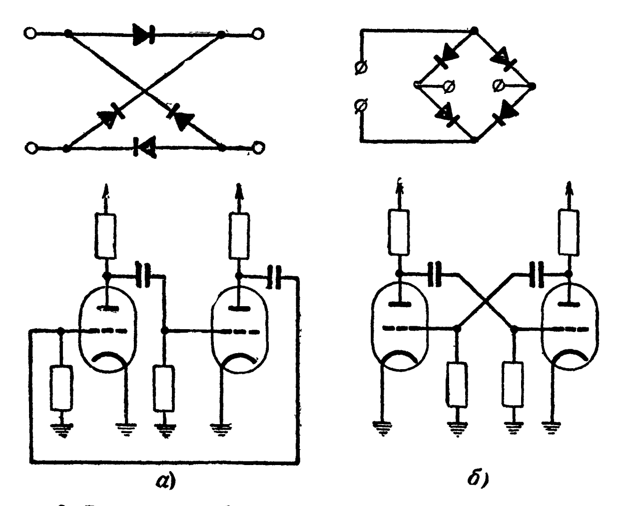


Рис. 3. Разные способы компоновки принципиальных схем из отдельных условных обозначений.

а — компоновка, не применяемая в радиосхемах; б — общепринятая компоновка.

Схемы, изображенные слева, отличаются от тех, которые помещены справа, только начертанием.

При чтении схем обычно исходят из того, что каждое существенное преобразование сигнала в большинстве случаев осуществляется в электронной лампе или полупроводниковом приборе. Входным зажимом лампы, как правило, является первая сетка (у полупроводникового прибора — база), выходным — анод (у транзистора — коллектор). Поэтому практически схему читают не непрерывно, а своеобразными бросками: от символа входного зажима схемы или анода предыдущей лампы до сетки следующей лампы или выходного зажима схемы. В промежутках между этими бросками рассматривают и анализируют все близлежащие участки схемы. Таким образом, перемещение взгляда по схеме идет неравномерно, с некоторым «топтанием» вокруг символов отдельных ламп.

На рис. 4 показаны последовательные этапы чтения относительно простой схемы приставки для стереофонических передач[1]. Сплошные стрелки указывают направление чтения, а пунктирные — направление прослеживания второстепенных цепей.

Для того чтобы облегчить узнавание отдельных узлов принципиальной схемы, применяют ряд привившихся уже приемов:

1. Электрическая симметрия, имеющая место в таких устройствах, как балансные или двухтактные схемы, отображается графической симметрией расположения условных изображений относительно вертикальной или горизонтальной оси. В принципиальной схеме на рис. 4 такая симметрия использована, чтобы

[1] «Радио», октябрь 1960 г., стр. 47.

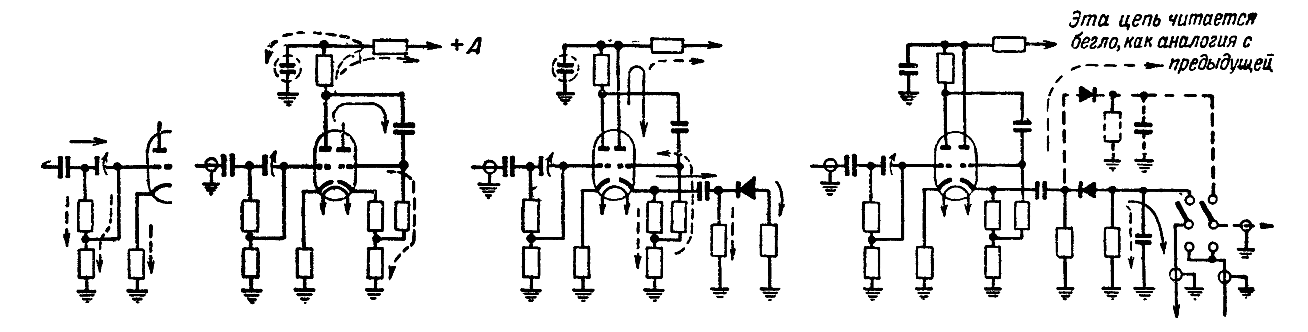


Рис. 4. Последовательные этапы чтения принципиальной схемы.

показать двухтактные схемы на входе приемника и выходе передатчика.

2. Элементы мостовых схем располагают по диагоналям ромба, так что точки входа и выхода оказываются на вертикальной и горизонтальной осях. Наклонные линии ромба хорошо выделяются на фоне горизонтальных и вертикальных линий принципиальной схемы. Между прочим, построение линий схемы в основном только вертикально и горизонтально производится не случайно. Именно такая ориентировка линий легче всего воспринимается глазом человека, а это существенно облегчает чтение схем.

3. Организованное расположение символов или однотипных узлов схем, например в ряд или по одной вертикали, призвано подчеркнуть, что эти детали имеют одинаковое назначение или работают одинаково. В схемах приемников, например, в один ряд или по вертикали располагают колебательные контуры одного каскада, переключаемые при смене диапазонов волн. Достаточно разобрать действие схемы с участием одного из контуров, как становится понятным назначение и всех остальных. Если схема содержит ряд последовательно включенных однотипных каскадов усиления, то эта однотипность подчеркивается одинаковой компоновкой символов во всех каскадах. Разобрав работу первого каскада, можно читать остальные, не задерживая на них особенно внимания.

4. Отдельные узлы принципиальной схемы легче узнавать, если они на чертеже несколько изолированы, отделены один от другого, если соединительные линии и другие одиночные символы не маскируют это разделение. Соединительные линии, особенно линии подвода питания и соединения на землю, всегда затрудняют такое разделение. Помимо этого, такие линии, как правило, имеют большую протяженность, прослеживание их затруднено. Поэтому на многих схемах такие линии не ведут целиком, а обрывают, а для того чтобы было понятно, куда направляется оборванный конец, на нем ставят стрелочку и надпись. Стрелочку без надписи ставят обычно на оборванных цепях питания накала ламп; на цепях питания анода помещают надписи + или +240 (если анодное напряжение имеет величину 240 *в*). На оборванных цепях автоматической регулировки усиления пишут *АРУ* и т. д. Линии, идущие к шасси или к заземляющей шине, после того как они оборваны, снабжают символом заземления.

ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ НА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМАХ

Выше указывалось, что принципиальная схема по самой своей идее не должна отражать механической конструкции радиотехнического устройства. Однако в ряде случаев этот общий принцип нарушается, хотя и таким образом, чтобы не нарушать существенно принципиальности схемы. Причиной введения в принципиальную схему элементов конструктивного выполнения является то, что эта схема порой является единственным документом, на основании которого радиолюбители и даже профессионалы осуществляют изготовление и ремонт радиотехнических устройств. Конструктивные вопросы на принципиальной схеме всегда стараются отражать такими приемами, чтобы не нарушать ее удобочитаемость, не мешать ее обдумывать.

Одним из наиболее распространенных приемов конкретизации конструкции является простановка на принципиальных схемах электрических параметров большинства деталей. Возле символов сопротивлений, например, помещают надписи, указывающие не только порядковый номер сопротивлений (к примеру R_{15}), но и величину. При этом целое число без буквы означает сопротивление в омах, число с буквой *k* — сопротивление в килоомах, а число, записанное в форме десятичной дроби без буквы,— сопротивление в мегомах. Та-

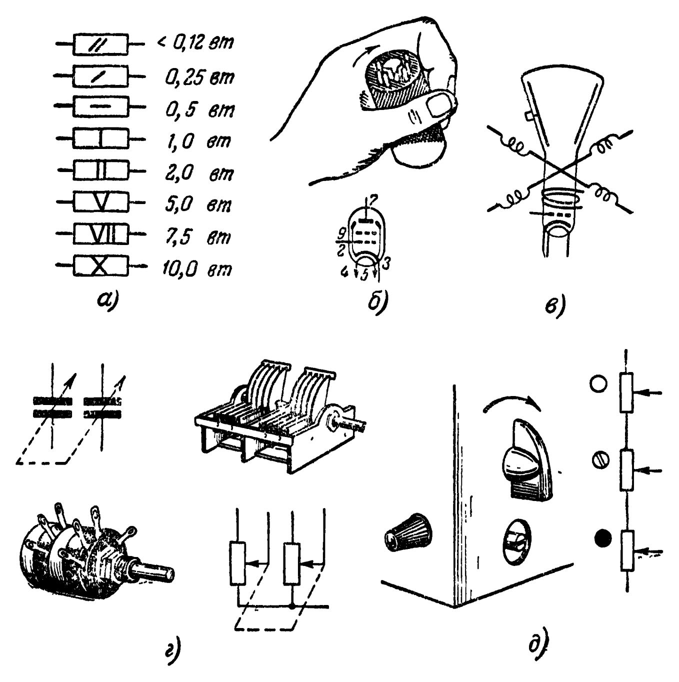


Рис. 5. Конструктивные элементы на принципиальных схемах.

а — код обозначения мощности сопротивлений; *б* — обозначение цоколевки лампы на условном обозначении, *в* — расположение символов катушек наклонно к осям указывает на взаимно-перпендикулярное их расположение в реальной конструкции; *г* — пунктирная линия обозначает объединение органов настройки; *д* — значки, указывающие, куда выведены ручки потенциометров.

ким образом, цифра *2*, проставленная у символа сопротивления, означает 2 *ом*, надпись *2к — 2 ком*, а пометка *2,0 — 2 Мом*. На самом символе сопротивления проставляют черточки, характер расположения и число которых по коду, представленному на рис. 5,*а*, указывают допустимую мощность рассеяния на сопротивлении, а следовательно, и на тип последнего.

У символов конденсаторов, помимо надписей, указывающих порядковый номер (например, C_{15}), помещают пометки полярности, если это электролитический конденсатор, а также цифры, обозначающие емкость и рабочее напряжение. Аналогично тому как это делается для сопротивлений, значение емкости указывают в виде целого числа без буквы, если ее выражают в пикофарадах, и в форме десятичной дроби без буквы,. если ее выражают в микрофарадах. Так, надпись *50* означает 50 *пф*, а *50,0* — 50 *мкф*. Величина рабочего напряжения проставляется в виде цифры с буквой *в* (например, 300 *в*).

На выводах символов электронных приборов часто проставляют цифры, указывающие порядковый номер штырьков цоколя, на которые выведены соответствующие электроды. Нумерация ножек по общепринятому порядку идет по часовой стрелке, начиная от ключа цоколя, если смотреть на цоколь лампы снизу (рис. 5,*б*).

Для того чтобы подчеркнуть пространственное расположение осей некоторых, особенно моточных, деталей, когда эти детали расположены в пространстве взаимно-перпендикулярно, их символы располагают необычно, наклоненными к основным осям. Так, например, поступают, чтобы показать, что катушки отклоняющей системы трубки телевизора вызывают отклонения луча во взаимно-перпендикулярных направлениях (рис. 5,*в*).

Конструктивное выполнение отображают на принципиальных схемах и в тех случаях, когда важно показать, что некоторые органы настройки или управления связаны между собой механически. Возможность изменения электрических параметров у деталей, как явствует из вкладки, выражают стрелкой, наискось пересекающей изображение символа. Чтобы показать механическую связь между органами регулировки таких деталей, эти стрелки на схеме соединяют между собой штриховой ломаной линией, как показано на рис. 5,*г*.

Рукоятки различных органов настройки могут быть выведены на лицевую панель радиотехнического прибора, на заднюю или боковую панель или размещены внутри прибора для регулировки только в процессе налаживания. В последнем случае на оси деталей обычно даже не надевают ручек, а делают прорези для отвертки (делают ось под шлиц) или грани под ключ. Для тех, кто ведет настройку или регулировку радиоприбора, важно знать, куда выведена ручка той или иной детали. Поэтому на принципиальных схемах иногда у символов деталей, подвергающихся регулировке, ставят значки, указывающие, куда выведена ручка. Как видно из рис. 5,*д*, кружок означает, что ручка выведена на лицевую панель, перечеркнутый кружок — что она сделана под шлиц, а залитый кружок — что она выведена сзади или сбоку.

В значительном числе случаев в многообмоточных трансформаторах далеко не все равно, какой из концов обмотки включен в ту или иную цепь. Для того чтобы не происходило путаницы, начала всех обмоток помечают на символе трансформатора точками, проставленными у соответствующего конца символа катушки.

У символов таких стандартных деталей, как лампы, транзисторы, вентили и др., проставляют их наименования, которые целиком определяют конструкцию этих деталей.

Элементы конструкции приходится отображать на принципиальной схеме и в тех случаях, когда в состав устройства входит такая деталь, условное изображение которой еще не разработано или не получило широкого распространения. В таких случаях эту деталь изображают упрощенным рисунком или чертежом, вводя в состав обычной принципиальной схемы. Примером такого приема может служить схема, представленная на рис. 3, в которой антенные контуры для диапазона ультракоротких волн содержат один прямоугольный виток провода. Чертеж этого витка использован вместо обозначения индуктивности, чтобы подчеркнуть область частот, для которого он рассчитан. Особенно часто приходится использовать чертежи элементов конструкции в принципиальных схемах при пояснении устройств, работающих в коротковолновой части диапазона ультракоротких волн, так как там трудно отделить конструктивные элементы от чисто электрических.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

Г. М. Давыдов и В. В. Шипов, Учитесь читать радиосхемы, Связьиздат, 1958.

Брошюра знакомит с отдельными деталями радиоприемника и их схемными обозначениями, с цоколевкой и системой наименований электронных ламп.

М. А. Згут, Наглядные пособия по радиотехнике, Связьиздат, 1958.

В книге систематически излагаются методы обеспечения наглядности при преподавании радиотехнических дисциплин.

В первой главе немало места уделено условным обозначениям на чертежах, построению блок-схем и принципиальных схем, а также конструктивным чертежам и монтажным схемам.

А. Плонский, Как человек приручил волну, Изд. «Советская Россия», 1958.

В книге, излагающей основы радиотехники, есть несколько страниц, посвященных условным обозначениям на схемах, под общим заголовком «Азбука радиотехники».

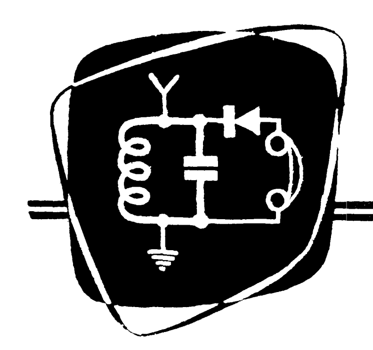
Ю. В. Костыков и Л. Н. Ермолаев, Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1961.

Глава 8 посвящена радиосхемам и изображению радиодеталей на схемах.

Статьи

Условные обозначения на схемах, «Радио», 1959, № 4, стр. 33 и вкладка.





Глава пятая

ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЕМНИК

ПЕРВЫЕ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ДЕТЕКТОРНЫЕ ПРИЕМНИКИ[1]

За годы развития советского радиолюбительства в наших радиолюбительских журналах описано свыше 100 различных конструкций самодельных детекторных приемников.

В этом обилии конструкций нет ничего удивительного. Детекторный приемник дешев, не требует источников питания, дает очень чистый и уверенный прием наших мощных радиостанций и поэтому является не только желанным гостем в доме сельского радиолюбителя, но и первой конструкцией начинающих радиолюбителей в городе и обязательной практической работой в каждом радиокружке.

Но у детекторного приемника имеются существенные недостатки. Он не обеспечивает приема дальних радиостанций. Самые мощные радиостанции слышны на детекторный приемник не далее чем на расстоянии 600—800 *км*, даже при наличии очень высокой приемной антенны. Прием с помощью детекторного приемника можно производить лишь на телефонные трубки. Во время приема на детекторный приемник трудно выделить передачу одной из нескольких близко расположенных радиостанций так, чтобы остальных не было слышно.

Однако простота его устройства, несложность в обращении и главное, что он работает только за счет принятого сигнала, являются существенными достоинствами детекторного приемника.

Теперь в качестве детекторов в этих приемниках применяют любые точечные полупроводниковые диоды.

[1] По разным источникам.

ПРИЕМНИК ШАПОШНИКОВА

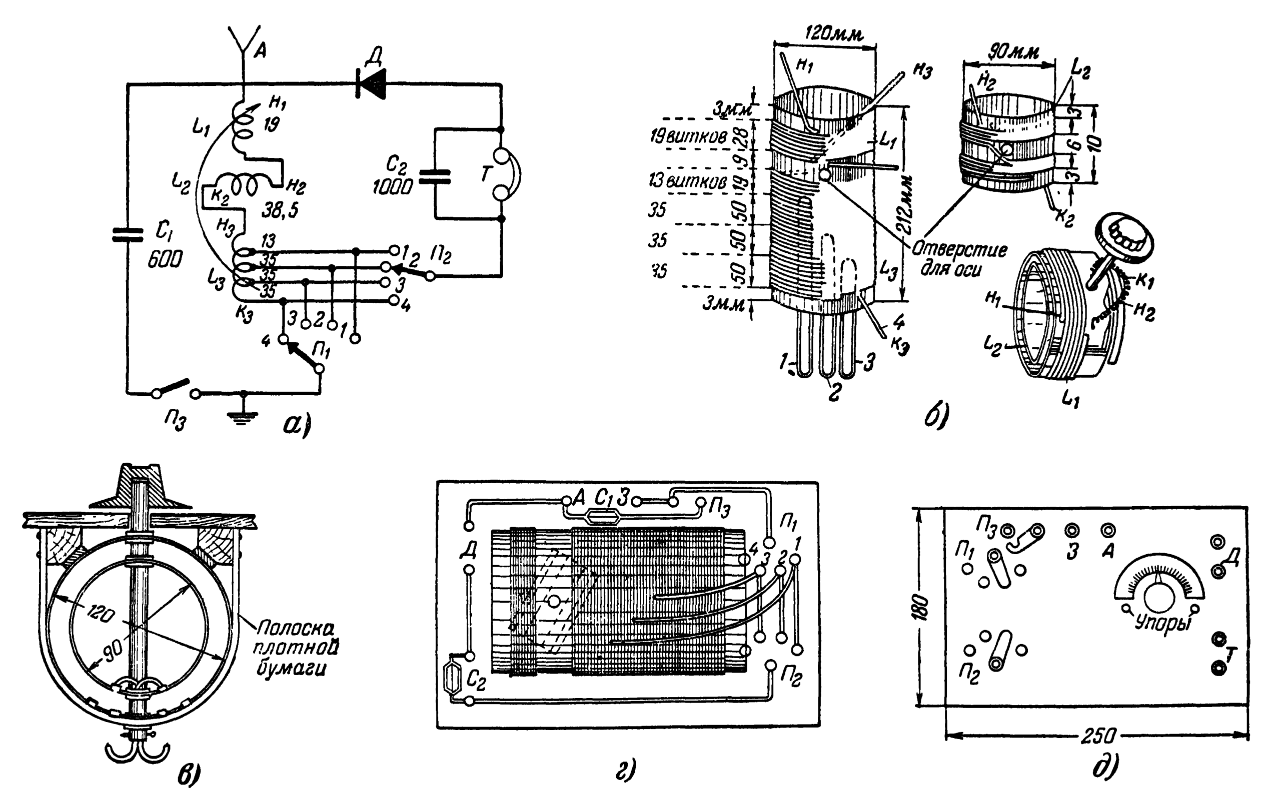
Этот приемник впервые был описан в журнале «Радиолюбитель» № 7 за 1924 г.

Приемник конструкции инж. С. И. Шапошникова уже около 40 лет служит начинающим радиолюбителям. Он неоднократно описывался в различных технических журналах, переделывался в ламповый, объединялся с усилителем низкой частоты. Его описание издавалось отдельными брошюрами, в виде плакатов и приводится почти во всех книжках, посвященных детекторным приемникам.

Популярность этого приемника вполне заслужена. В нем удачно сочетаются хорошие электрические качества с простотой изготовления, и поэтому он до сих пор имеет большое распространение среди радиолюбителей.

Многие радиолюбители начинали свой конструкторский путь в радиотехнике именно с этого приемника.

Принципиальная схема приемника изображена на рис. 1*а*. Как видно из схемы, основными частями приемника являются: вариометр, который состоит из последовательно соединенных катушек индуктивностей L_1, L_2 и L_3, конденсаторов C_1, C_2 детектора *Д*, телефонов *Т* и переключателей $П_1$, $П_2$ и $П_3$. В этой схеме настройка на принимаемую радиостанцию осуществляется изменением индуктивности: грубая — с помощью переключателя $П_1$, плавная — вариометром. Переключатель $П_2$ служит для подбора связи детекторной цепи с контурными катушками, при которой обес-



а. Принципиальная схема приемника Шапошникова. *б.* Устройство и данные катушек приемника. *в.* Крепление вариометра к панели. *г.* Монтажная схема. *д.* Примерное расположение деталей на крышке приемника.

печивается наилучшая избирательность приемника.

Диапазон волн, перекрываемый приемником, 200—2 000 *м.* Во время приема радиостанций, работающих на средних волнах, переключатель $П_3$ должен быть разомкнут. Для приема радиостанций в длинноволновом диапазоне переключатель $П_3$ замыкается.

Наиболее сложной частью приемника является вариометр, устройство которого легко уяснить себе из рис. *б.* В вариометре меньшая катушка (L_2) вращается внутри бо́льших катушек (L_1, L_3). Для намотки катушек желательно использовать звонковый провод марки ПБД диаметром 0,8—1 *мм.* Первая секция (*1—2*) большой катушки содержит 19 витков. Вывод K_1 соединяется с началом малой катушки H_2. На малой катушке располагается 38,5 витка; конец ее K_2 соединяется с началом H_3 второй части обмотки большой катушки. Отвод *1* делается от 13-го витка, отвод *2* — от 48-го, отвод *3* — от 83-го, вывод *4* — конец обмотки — от 118-го.

В самой середине каркаса подвижной катушки делают два отверстия для оси, поэтому середина каркаса этой катушки на протяжении 9 *мм* не должна быть занята обмоткой. Верхний и нижний концы обмотки малой катушки должен выходить наружу с противоположных сторон цилиндра. В качестве оси вариометра можно использовать деревянную цилиндрическую палочку, вдоль которой вырезается небольшой паз. Концы H_2 и K_2 загибают через край цилиндра внутрь подвижной катушки, а затем пропускают первый через переднее, а второй — через заднее отверстия оси и выводят наружу. После этого подвижную катушку вставляют внутрь большой — неподвижной, верхний конец H_2 ее обмотки продевают через переднее, а нижний K_2 — через заднее отверстия в большой катушке, после чего пропускают через отверстия деревянную ось. Малая катушка приклеивается к оси столярным клеем или клеем БФ-2.

Установив малую катушку так, чтобы она могла вращаться внутри большой, не задевая ее стенки, на наружные концы оси надевают картонные шайбы и возле них вгоняют в ось по одной булавке. Эти булавки будут ограничивать продольное передвижение оси. После этого конец K_1 подвижной катушки соединяется с концом H_2, а конец K_2 — с концом H_3 неподвижной катушки. Для соединения концов следует или использовать гибкий проводник,

или скрутить оба конца в виде спиральки, с тем чтобы при вращении подвижной катушки эти концы не перегибались, иначе они быстро обломаются.

Крепление вариометра к панели приемника показано на рис. *в* (на этом рисунке также показаны метод крепления подвижной катушки и другой, более совершенный способ выводов концов с помощью полой деревянной оси). Монтажная схема приемника и примерное расположение деталей на верхней панели приемника показаны на рис. *г* и *д*.

Приемник монтируют на панели, изготовленной из 3—4-*мм* фанеры, размером 250×180 *мм*. Панель с просверленными отверстиями надо хорошенько зачистить наждачной бумагой и покрыть спиртовым лаком. Укрепив на панели все детали, приступают к монтажу. Все соединения к гнездам и переключателям надо тщательно пропаивать. Проверив правильность монтажа, к приемнику подключают антенну и заземление. В гнезда *Д* вставляют детектор, а в гнезда *Т* — высокоомные телефоны.

Настраивается приемник на ту или иную станцию передвижением ползунка $П_1$ по контактам и плавным вращением вариометра. Испытание приемника лучше всего производить вечером, когда работает большинство радиостанций. При правильной сборке приемника и применении германиевых детекторов настройка приемника никаких затруднений не вызывает. Приемник Шапошникова, как и все другие детекторные приемники, требует наличия хорошей наружной антенны, горизонтальная часть которой должна быть длиной 25—40 *м*. Антенна должна подвешиваться над землей на высоте 8—12 *м*. Большое значение имеет и правильно выполненное заземление. Только при этих условиях может быть обеспечен прием удаленных радиостанций с достаточным уровнем громкости в телефонах.

Изучая устройство и принцип работы детекторного приемника и его основных деталей, знакомясь попутно с устройством антенны и заземления, начинающий радиолюбитель приобретает необходимые знания для перехода к ознакомлению с ламповым приемником.

СХЕМЫ С ФИКСИРОВАННОЙ НАСТРОЙКОЙ [1]

На детекторный приемник редко удается принять хорошо и уверенно более трех станций. Поэтому вполне достаточно рассчитать его на прием трех, а для многих районов — двух и даже одной станции. При этом можно построить очень простой приемник. Настройку его на каждую выбранную станцию можно произвести тогда только один раз при его установке, зафиксировав ее раз и навсегда, а перестройку приемника с одной станции на другую осуществлять простым переключателем. Все это значительно упрощает обращение с приемником и всегда обеспечивает точность его настройки.

Простейшая схема детекторного приемника, рассчитанного на прием одной станции, показана на рис. 1.

Приемный контур такого приемника состоит из антенны *А*, заземления *З* и включенной между ними катушки *L*. Индуктивность катушки и антенны и емкость между антенной и заземлением (собственная емкость антенны) образуют колебательный контур. Вследствие того что индуктивность и емкость контура постоянны, последний всегда настроен только на одну какую-либо волну. Если при этом элементы контура подобраны так, что настройка его совпадает с волной какой-то недалеко расположенной передающей станции, то построенный по такой схеме приемник будет принимать только эту станцию.

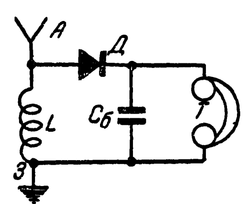


Рис. 1. Схема детекторного приемника на одну радиостанцию.

Соединенные последовательно друг с другом детектор *Д* и телефонная трубка *Т* совместно с блокировочным конденсатором *С* образуют детекторную цепь приемника. Подключенная к концам катушки *L*, эта цепь постоянно связана с приемным контуром.

Рассмотренная нами схема представляет большой практический интерес для радиолюбителей, проживающих на территории, где на детекторный приемник возможен прием только лишь одной вещательной станции.

При возможности приема на детекторный приемник нескольких хорошо слышимых в данной местности вещательных станций можно рекомендовать приемники с постоянной, фиксированной настройкой именно на эти станции.

Схема детекторного приемника с фиксированной настройкой на несколько станций показана на рис. 2. В ней применены три отдельные катушки: L_1, L_2 и L_3. Каждая из катушек рассчитана на прием одной радиостанции и

---

[1] Ф. И. Тарасов, Детекторные приемники и усилители, Госэнергоиздат, 1950.

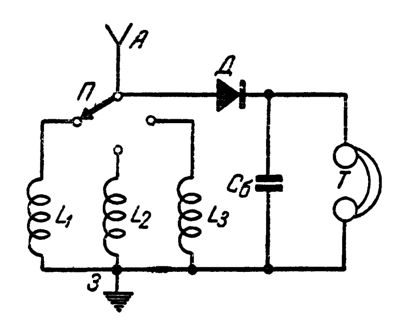


Рис. 2. Схема приемника с отдельными катушками на три станции.

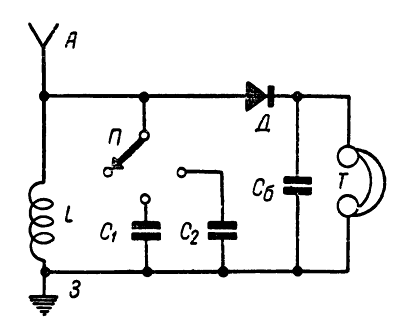


Рис. 3. Схема приемника с отдельными конденсаторами.

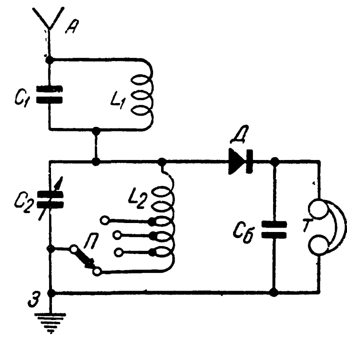


Рис. 4. Схема приемника с фильтром.

включается в схему переключателем *П*. Наличие отдельных катушек в приемнике несколько усложняет его устройство, но зато это представляет известные удобства при его налаживании.

Перестройку приемного контура с одной станции на другую в приемнике с фиксированной настройкой можно осуществить также изменением емкости контура путем подключения соответствующего конденсатора так, как это показано на рис. 3. В построенном по такой схеме приемнике используется одна катушка L, рассчитанная на прием выбранной станции с короткой волной. Конденсаторы C_1 и C_2, рассчитанные для других станций, с более длинной волной, переключателем *П* подключаются поочередно к контуру при переходе на прием этих станций.

Помехи со стороны других станций во время приема на детекторный приемник нужной станции наблюдаются довольно часто. При этом обычно мешает какая-то одна, чаще всего близкая по волне мощная станция. Наиболее надежным способом отстройки от такой мешающей станции считается применение в приемнике специального устройства, называемого *фильтр-пробкой*.

Схема детекторного приемника с фильтром показана на рис. 4. Фильтр, составленный из катушки L_1 и конденсатора C_1, представляет собой колебательный контур, настроенный на волну мешающей станции. Включенный между антенной и приемником контур фильтра при настройке его на волну мешающей станции будет обладать наибольшим сопротивлением только для этой волны, тогда как для волны принимаемой станции сопротивление фильтра будет практически мало. Вследствие этого уловленная антенной энергия мешающей станции не используется в приемнике и эта станция не будет слышна.

Чтобы обеспечить правильную настройку контура фильтра, необходимо заранее рассчитать его катушку и конденсатор, а потом при налаживании приемника точно подогнать их под нужную величину. Если в фильтре используются постоянные по индуктивности и емкости катушка и конденсатор, то настройка контура практически производится подбором соответствующего числа витков. Это, конечно, требует известной затраты времени, но зато позволяет применить простые детали. Настройку контура фильтра можно произвести проще и быстрее, если применить в нем вариометр с постоянным конденсатором или же катушку с конденсатором переменной емкости. В этом случае вариометр или переменный конденсатор во время приема устанавливается в такое положение, при котором мешающая станция перестает быть слышной.

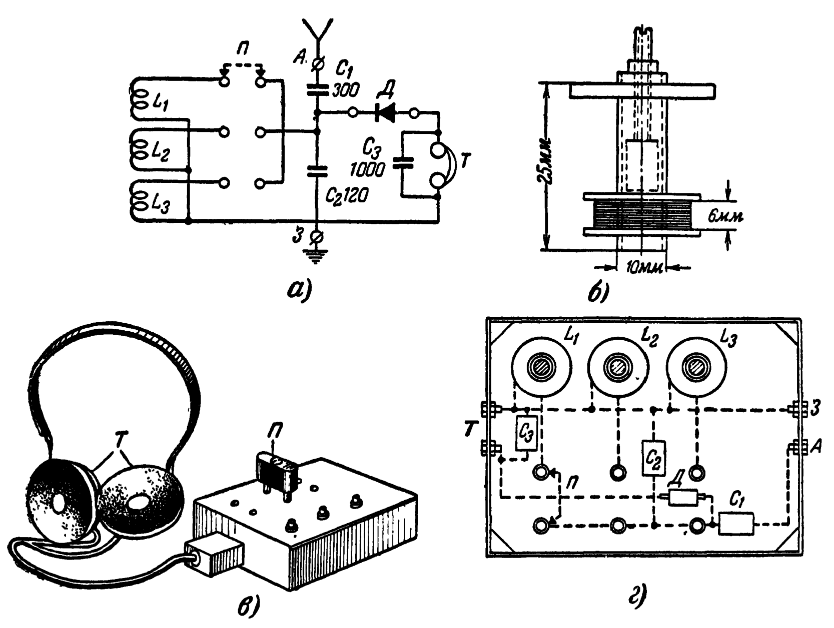
ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЕМНИК НА ТРИ ПРОГРАММЫ[1]

Принципиальная схема трехпрограммного приемника приведена на рис. *а*, а его внешний вид — на рис. *в*. Колебательный контур приемника состоит из постоянного конденсатора C_2 и одной из катушек индуктивности L_1, L_2 или L_3. Каждая из этих катушек может быть присоединена к конденсатору C_2 при помощи перемычки *П*.

Катушки индуктивности L_1—L_3 имеют ферритовые сердечники, с помощью которых в некоторых пределах можно изменять настройку приемника. Антенна присоединяется к колебательному контуру через разделительный конденсатор C_1, служащий для уменьшения связи с антенной и повышения избирательности приемника.

Детекторная цепь состоит из детектора *Д*, телефона *Т* и блокировочного конденсатора C_3. В качестве детектора можно использо-

[1] Радиосхемы (Пособие для радиокружков), Изд. ДОСААФ, 1960.



Детекторный приемник на три программы.

вать любой точечный полупроводниковый диод.

Катушки в приемнике — самодельные. Они наматываются на картонных каркасах, внутри которых может перемещаться ферритовый сердечник. Устройство всех трех катушек одинаково. Они отличаются друг от друга только числом витков. Конструкцию катушки легко уяснить себе из рис. *б*.

На нижнем конце каркаса наклеиваются две щечки из картона. Намотка укладывается между щечками внавал, т. е. без соблюдения правильности укладки рядов. Катушка L_1 предназначена для приема радиостанций в диапазоне 300—400 *м*; она содержит 65 витков провода ПЭ 0,3. Катушка L_2 предназначена для приема станций в диапазоне 1 100—1 400 *м* и состоит из 240 витков того же провода. Катушка L_3, рассчитанная на диапазон 1 500—1 900 *м*, состоит из 320 витков того же провода.

Катушки крепятся к панели приемника при помощи заклепок. Для винтов ферритовых сердечников в панели просверливаются отверстия; таким образом, регулировка ферритовых сердечников производится со стороны лицевой панели приемника.

Переключение приемника на прием той или иной станции производится при помощи закороченной вилки, переставляемой из одной пары гнезд в другую. Для этой цели на панели приемника устанавливаются три пары гнезд. Одно из гнезд каждой пары соединено, как это видно на схеме (рис. *а*), с конденсатором C_2, а другое — с началом соответствующей катушки.

Расположение деталей внутри приемника видно на рис. *г*. Ящик может быть сделан и любой другой формы по вкусу радиолюбителя. Гнезда для антенны, заземления и телефона можно расположить как на верхней крышке приемника, так и на его боковых стенках.

Монтаж надо производить медным проводом диаметром не меньше 0,6—0,8 *мм*. Все места соединений следует тщательно зачистить и хорошо пропаять. Это всегда служит залогом хорошей работы приемника.

После того как приемник смонтирован и все его соединения проверены, можно приступить к настройке. Настройку следует начинать с той станции, которая в данном районе слышна громче других. Например, в центральном районе такой станцией является станция, работающая на волне 1 734 *м*. Для поисков станции включается соответствующая катушка, магнетитовый сердечник устанавливается в среднее положение, к приемнику присоединяются антенна, заземление и телефонные трубки.

Вращая винт магнетитового сердечника, нужно колебательный контур приемника настроить на принимаемую радиостанцию. При точной настройке радиостанция будет слышна наиболее громко. Таким образом устанавливаются настройки на все станции. Разумеется, производить настройку надо в те часы, когда станции работают. Очень хорошо, если при настройке в распоряжении радиолюбителя будет другой детекторный приемник, при помощи которого можно будет убедиться, что нужная станция работает и что она слышна при данных антенне и детекторе.

Как уже указывалось, в приемнике могут быть не три настраивающихся контура, а больше или меньше в зависимости от того, сколько хорошо слышимых станций имеется в районе, где живет радиолюбитель. Лучше всего предварительно выяснить, сколько станций хорошо принимается в данной местности на детекторный приемник, и затем уже делать соответствующее количество контуров.

Детекторные приемники такого типа очень просты в изготовлении, дешевы и удобны. Их

можно рекомендовать всем радиолюбителям, которые хотят иметь надежный приемник для приема на детектор нескольких станций при самой простой перестройке приемника с одной станции на другую.

* *
*

Мы привели несколько схем детекторных приемников, и радиолюбитель должен сам решить, по какой схеме делать приемник. Выбор той или иной схемы обычно определяется условиями приема в районе, где проживает радиолюбитель, а также наличием у радиолюбителя готовых деталей или возможностью самостоятельно их изготовить.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

В. Г. Борисов, Юный радиолюбитель, изд. 3-е (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

Среди описаний различных конструкций имеются описания нескольких детекторных радиоприемников.

Ю. И. Фелистак, Простые самодельные радиодетали (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

В книге описаны самодельные радиодетали для несложных любительских конструкций. Приводятся простейшие расчеты, а также практические советы по изготовлению самодельного крепежа, приспособлений и вспомогательного инструмента.

Радиосхемы, Пособие для радиокружков, Изд. ДОСААФ, 1960.

Альбом схем начинается несколькими схемами и описаниями детекторных приемников со ступенчатой настройкой (приемник на три программы с настройкой переменным конденсатором, приемник Шапошникова и усилители для детекторных приемников).

Книга сельского радиолюбителя, Изд. ДОСААФ, 1961.

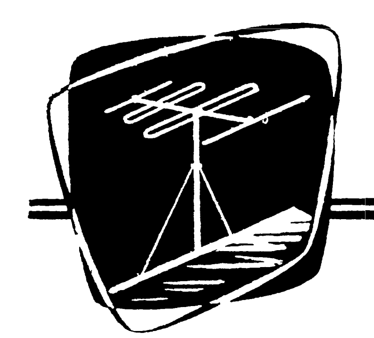
Шестая глава книги содержит описания практических схем и конструкций детекторных приемников.

Статьи

Р. Сворень, Шаг за шагом, От детекторного приемника до супергетеродина, «Радио», 1959, № 5.

Кратко описан детекторный приемник, в котором в качестве детектора могут быть использованы точечные диоды.





Глава шестая

АНТЕННА И ЗАЗЕМЛЕНИЕ

ПРОСТЕЙШИЕ ПРИЕМНЫЕ АНТЕННЫ[1]

Физика радиоприемной антенны. Приемная антенна служит для приема электромагнитных волн, излучаемых передающей радиостанцией, и для подачи переменного напряжения принятого сигнала на вход приемника.

Устройство такой антенны хорошо известно радиолюбителям. Массовыми типами приемных антенн являются: Г-образная (рис. 1,*а*) и Т-образная (рис. 1,*б*) однолучевые антенны, простой вертикальный или наклонный провод (рис. 1,*в*), иногда с «метелочкой» на вершине (рис. 1,*г*), а также различные наружные рамки и всевозможные упрощенные комнатные антенны.

Рассматривая антенну как радиотехническое устройство, следует помнить, что любой провод не только обладает активным сопротивлением, но и способен накапливать электрические заряды и индуктивность в самом себе — э. д. с. при всяких изменениях тока, т. е. провод обладает электрической емкостью и индуктивностью. Следовательно, любая антенна представляет собой колебательную цепь.

Этот своеобразный колебательный контур в силу того, что его собственная емкость и индуктивность равномерно распределены по всей длине провода, имеет свои физические особенности, заключающиеся в том, что при возникновении в антенне колебательного процесса ток и напряжение распределяются в проводе неравномерно, т. е. в каждой точке провода значения этих величин различны.

Если, например, в вертикальной антенне, работающей с заземлением, возникает колебательный процесс, то наибольший ток будет в той точке провода антенны, которая ближе к заземлению, т. е. в точке подключения антенны к приемнику. В следующих, вышележащих, точках провода ток будет постепенно уменьшаться и у самой вершины, т. е. у конца антенны, он спадет до нуля (рис. 2). Напряжение в такой антенне распределяется в обратном порядке. Наибольшая величина его относительно земли оказывается у верхнего конца провода, а наименьшая — в точке подключения его к приемнику.

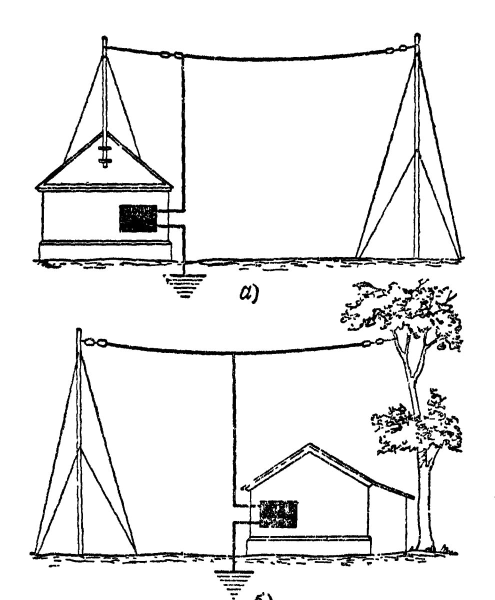
Точки провода, в которых наблюдаются максимальные значения тока или напряжения, называются соответственно *пучностями тока* и *пучностями напряжения*, а те точки, где ток и напряжения равны нулю, называются *узлами тока* и *узлами напряжения.*

Как и всякая другая колебательная цепь, приемная антенна характеризуется величинами собственной емкости C_A и собственной индуктивности L_A, которые зависят от геометрических размеров и формы антенны. Так, например, каждый метр однопроводной антенны, удаленной от других проводников, обладает собственной емкостью 5 *пф* и собственной индуктивностью около 1—2 *мкгн.* Простейшие любительские приемные антенны имеют обычно емкость около 200—250 *пф*, индуктивность около 20 *мкгн* и активное сопротивление около 25 *ом.*

Кроме того, антенна характеризуется еще одним очень важным параметром, который называется *действующей* или *эффективной высотой.*

Действующей или эффективной высотой данной антенны называют высоту условной вертикальной антенны, которая излучает (если рассматривать антенну как передаю-

[1] П. Голдованский, «Радио», 1949, № 8.



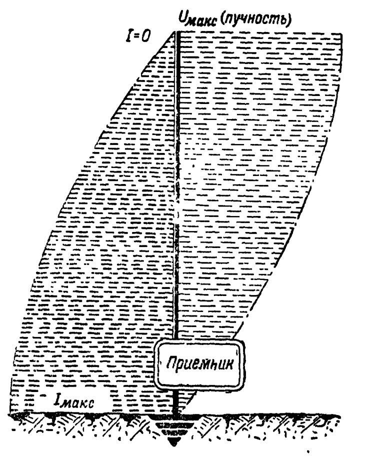


Рис. 2. Распределение тока и напряжения в вертикальной антенне.

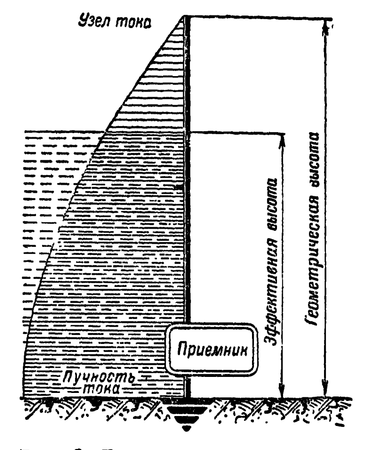


Рис. 3. Геометрическая и действующая высоты антенны.

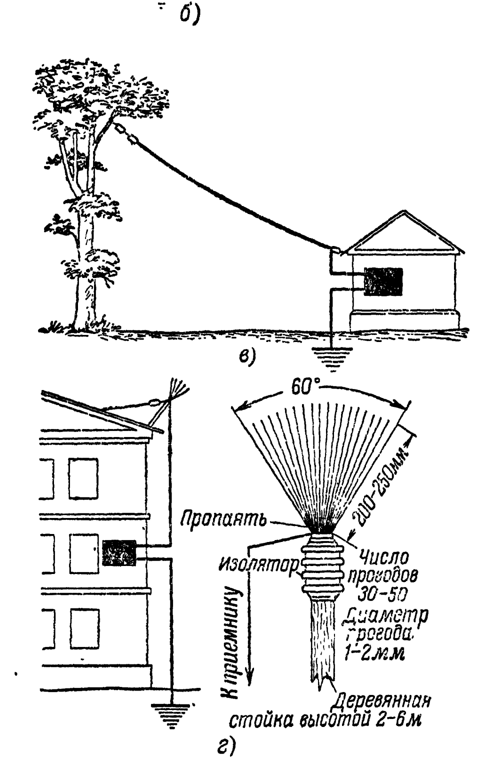


Рис. 1. Различные типы приемных антенн.

щую) такую же мощность, как и реальная антенна, но имеет ток по всей длине одинаковый и равный значению тока в пучности реальной антенны.

Высота такой воображаемой антенны, как видно из рис. 3, всегда будет меньше геометрической высоты реальной антенны.

Действующая высота — понятие условное, принятое для облегчения расчетов антенн.

У различных приемных антенн действующая высота зависит от формы антенны и условий ее работы. Для Г-образных и Т-образных антенн она составляет около 0,7—0,8 их геометрической высоты. В большинстве случаев действующая высота обычных любительских антенн, применяющихся для радиовещательных приемников, составляет от 1,5 до 4 *м*.

Ознакомившись в общих чертах с физическими особенностями антенны, рассмотрим теперь антенную цепь в приемнике.

Типичная антенная цепь показана на рис. 4. Она состоит из самой антенны, обладающей собственной емкостью C_A, индуктивностью L_A, активным сопротивлением R_A, и дополнительной катушки индуктивности L, которая связывает антенну с входным контуром приемника. Кроме того, в антенную цепь входит заземление или противовес.

Электромагнитные волны, излучаемые передающей радиостанцией, при пересечении провода приемной антенны возбуждают в нем

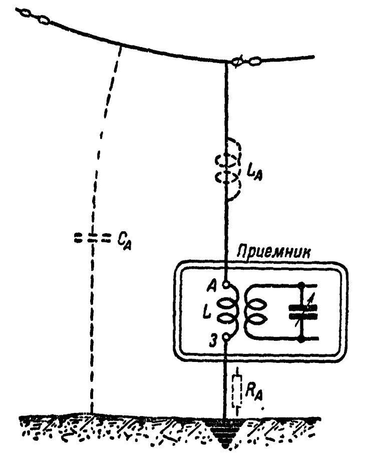


Рис. 4. Антенная цепь приемника.

переменную э. д. с. Частота и характер изменений этой э. д. с. в точности соответствуют частоте и характеру всех изменений электромагнитного поля.

Величина э. д. с., возникающей в антенне, очень мала и измеряется микровольтами или — в лучшем случае — милливольтами. Значение ее зависит от мощности и удаленности передающей радиостанции, от условий и особенностей распространения радиоволн и от действующей высоты приемной антенны.

В современных радиовещательных приемниках антенную цепь не настраивают. Дело в том, что ламповые приемники имеют два-три контура (а иногда и более), настраивающихся одной ручкой. Этой же общей ручкой должна была бы одновременно настраиваться и антенная цепь. Но осуществить это очень трудно, ибо емкость разных антенн различна и вообще непостоянна: она может произвольно изменяться под действием внешних причин (при качании антенны, при изменении влажности воздуха и т. п.). Поэтому точно учесть емкость антенны нельзя и обеспечить неизменную настройку антенной цепи для любого участка диапазона практически невозможно. Оставлять антенную цепь настроенной на какую-либо одну частоту диапазона не имеет смысла, так как на остальных участках данного диапазона чувствительность приемника будет резко ухудшаться.

Чтобы чувствительность приемника не изменялась так резко по диапазону, резонанс антенной цепи выводят за пределы рабочего поддиапазона. Для этого включают в антенную цепь катушку L с такой индуктивностью, что резонансная частота антенного контура оказывается примерно на 30% ниже, чем самая низкая частота данного поддиапазона. Если, например, рабочий поддиапазон приемника равен 150—400 *кгц*, то антенная цепь настраивается на частоту 115 *кгц*.

Настраивать антенную цепь на частоту, превышающую самую высокую принимаемую частоту, невыгодно, так как при этом чувствительность будет сильно меняться по диапазону.

На этом мы закончим краткое знакомство с физическими процессами в антенной цепи. Необходимо теперь лишь сформулировать требования, которым должна удовлетворять антенная цепь. Основные из них сводятся к следующему:

Антенна должна возможно лучше воспринимать энергию радиоволн.

Антенная цепь в пределах каждого поддиапазона должна обеспечивать возможно более высокую и постоянную чувствительность приемника.

Антенна не должна влиять на настройку последующих контуров приемной схемы, т. е. подключение любой антенны к приемнику не должно вызывать изменения настройки его входного контура. Для выполнения этого требования приходится применять слабую связь антенной цепи с входным контуром, что ухудшает чувствительность. Однако ослабление напряжения сигнала может быть возмещено усилением его в последующих каскадах приемника.

Любительские антенны. Основные типы любительских антенн приведены на рис. 1.

Для лампового радиоприемника может быть применена любая из указанных антенн. Длина горизонтальной части Г-образной или Т-образной антенны в этом случае не должна превышать 20 *м*. Обычно она составляет 8—12 *м*.

Для детекторных приемников горизонтальная часть антенны делается несколько длиннее: до 30—50 *м*.

Высота подвеса антенны над крышами зданий и другими сооружениями желательна не менее 4 *м*, а при установке мачт на земле — не менее 10—12 *м*. Дальнейшее увеличение высоты подвеса антенны даст незначительный выигрыш в громкости (и то только на детекторный приемник), но приведет к заметному возрастанию атмосферных помех.

Комнатные антенны следует применять только для ламповых приемников и лишь в тех случаях, когда почему-либо невозможно установить наружную антенну.

ГРОЗОЗАЩИТА АНТЕНН[1]

Во время сильных гроз наблюдаются случаи прямого попадания молнии в антенну. При несоблюдении мер защиты такие случаи опасны для жизни людей, находящихся вблизи антенны. Опасны также статические заряды, которые могут накапливаться на изолированной, находящейся на открытом воздухе антенне во время грозы, при сильном сухом ветре и снегопаде. Кроме того, в грозу нельзя прикасаться не только к антенне, но и к электрически соединенным с нею металлическим предметам. Чтобы избежать опасных разрядов, антенны оборудуются специальной грозозащитой.

Во время перерыва в работе приемника,

[1] В. Терентьев, Грозозащита антенн, «Радио», 1960, № 2.

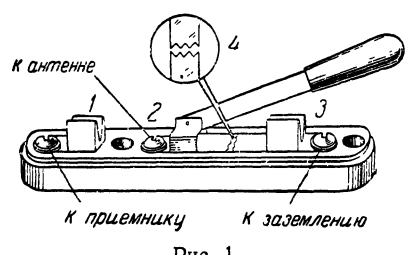


Рис. 1.

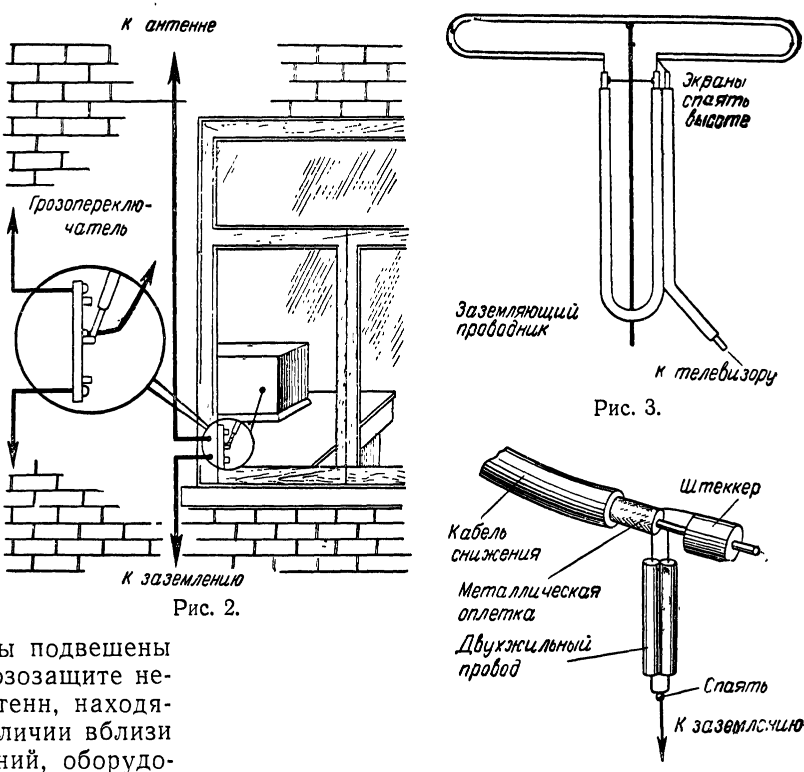


Рис. 2.

Рис. 3.

Рис. 4.

а также при приближении грозы, антенну необходимо заземлять: грозовой переключатель перевести в положение, соответствующее заземлению антенны, а антенный штеккер вынуть из гнезда антенны, если она заземлена отрезком двухжильного провода.

В каких случаях нужна грозозащита? Она нужна главным образом в условиях сельской местности, особенно если антенны подвешены высоко. Нет необходимости в грозозащите невысоких антенн (2—3 *м*) и антенн, находящихся в условиях города при наличии вблизи различных инженерных сооружений, оборудованных грозозащитой.

Как устраивается грозозащита? Наша промышленность выпускает специальный грозовой переключатель, конструкция которого приведена на рис. 1. Этот переключатель устанавливается на оконной раме или на стене вблизи ввода антенны; при этом провода от антенны и заземления подводятся кратчайшим путем (см. рис. 2). Антенное гнездо приемника соединяется с медной пружинящей скобой *1* (рис. 1). Ввод от антенны подключается к зажиму *2* у основания ножа рубильника. Провод от заземления и провод, ведущий к гнезду заземления приемника, присоединяются к скобе *3*. При использовании в качестве фидера или снижения симметричного кабеля следует установить два грозовых переключателя, по одному на каждый провод кабеля.

Устройство грозозащиты упрощается при применении многоэлементных и шлейф-антенн для телевидения и УКВ, особенно если они установлены на металлических мачтах. В этом случае средние точки вибраторов и экраны кабелей спаиваются, как это показано на рис. 3, и соединяются с металлической мачтой, которую необходимо надежно заземлить. Если используется деревянная мачта, заземление осуществляется с помощью специального провода, проложенного вдоль мачты. В месте ввода в здание оболочку кабеля следует дополнительно заземлить с помощью медного провода.

Заземление телевизионной антенны может быть осуществлено и иначе (рис. 4). К концу кабеля снижения (у самого штеккера), к жиле и к металлической оплетке припаивается отрезок двухжильного провода длиной около 2 *м* (можно использовать провод в хлорвиниловой изоляции или осветительный шнур). Один его проводник соединяется с центральной жилой кабеля, другой — с оплеткой. После того как проводники припаяны, следует соединять их в различных местах, начиная с конца, и следить при этом за изображением на экране телевизора, подбирая такое место, в котором замыкание проводов не сказывается на качестве изображения. В этом месте жилы провода надо очистить от изоляции, спаять и место спайки хорошо заземлить.

Заземление приемника (телевизора) может быть осуществлено соединением его с трубами водопровода или центрального отопления. Использовать в качестве «земли» газовые трубы не следует.

Соединение заземляющего провода, в качестве которого рекомендуется использовать медный или стальной провод диаметром 3—6 *мм*, с трубами лучше всего производить, как это показано на рис. 5. Для надежности

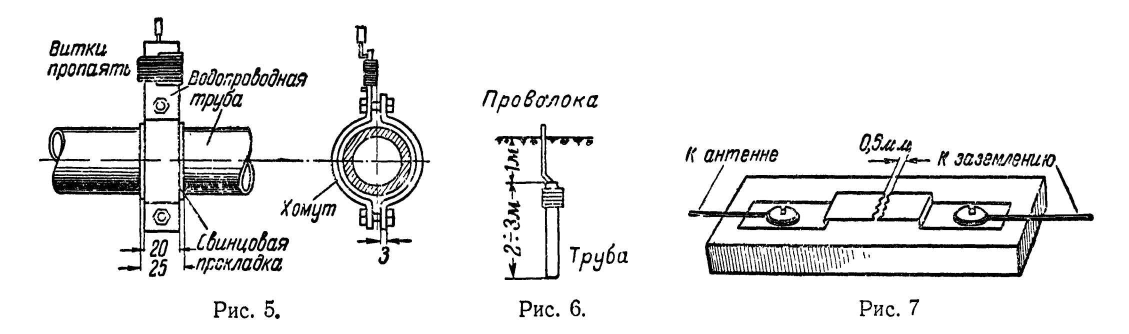


Рис. 5. Рис. 6. Рис. 7

контакта под скобу кладется свинцовая прокладка.

В тех случаях, когда присоединить заземление к водопроводным или отопительным трубам невозможно, применяется специальный заземлитель. Для этой цели железную трубу диаметром до 5 *см* и длиной до 3 *м* забивают в землю. Вместо трубы можно использовать железный стержень, фасонную сталь любого размера, железное ведро и т. п.

Перед погружением заземлителей в грунт поверхность их следует очистить от ржавчины, краски и других изолирующих веществ. Верхний конец заземлителя должен быть ниже поверхности земли на 0,5—1 *м* (рис. 6). Присоединение провода к заземлителю осуществляется сваркой или пайкой.

При устройстве заземления в очень сухих, песчаных и каменистых грунтах при низком уровне грунтовых вод рекомендуется для повышения проводимости заземления окружать его размельченным древесным углем, коксом или другими веществами, впитывающими влагу. Такую обработку необходимо возобновлять не реже 1 раза в год. Вместо угля обработку грунта можно производить поваренной солью, но соли требуется большое количество (30—40 *кг* на один заземлитель), а возобновлять обработку нужно каждые 2 года.

При отсутствии специального переключателя для защиты от грозовых разрядов и электростатических зарядов, возникающих на антенне, можно использовать простейший грозоразрядник, например две металлические гребенки или два острия, расположенные напротив друг друга с зазором 0,5 *мм* (рис. 7). Можно применить также газовые разрядники, предназначенные для защиты телефонных и телеграфных линий, и неоновые лампочки. Зажигания последних будут указывать на электризацию антенны, а в летнее время предупреждать о быстром приближении грозы.

НУЖНО ЛИ ЗАЗЕМЛЯТЬ ЗАЗЕМЛЕНИЕ[1]

Почти у каждого приемника есть гнездо или зажим, отмеченный словом «Земля». К этой точке схемы нужно присоединять заземление.

Сейчас, когда радио прочно вошло в быт, привыкли обращаться с приемником довольно бесцеремонно и не всегда выполняют то, что предписывается инструкциями. Часто, например, оставляют приемник без заземления, не задумываясь совершенно над тем, почему приемник работает без него. Но в первые годы развития радиолюбительства, когда к приемнику относились с бóльшим уважением и считали обязательным выполнение всех указаний по пользованию им, необходимость присоединения к приемнику «земли» не вызывала никаких сомнений. И у многих пытливых умов возникал совершенно естественный недоуменный вопрос: а как быть с «землей» там, где ее вовсе нет, например на пароходе, самолете или автомобиле? В любительских журналах появлялись даже шутливые рецепты: комплектовать радиоустановку на самолете землей, хотя бы в цветочном горшке.

В самом деле, насколько необходимо заземление для приемника?

Заземление является обязательной частью антенного устройства. Между антенной и землей образуется емкость, без которой невозможна работа открытого колебательного контура, каким является антенная цепь. Правда, заземление можно заменить противовесом — системой проводов, расположенных под антенной и изолированных от земли. Но такая система оказывается очень сложной и применяется обычно только на передающих станциях и в специальных приемных центрах.

[1] Л. В. Кубаркин и Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1956.

Кроме того, от качества заземления в значительной мере зависят эффективность антенны и количество энергии, которое она может передать приемнику. Этим объясняется то внимание, которое уделяется устройству заземления для детекторных приемников, где единственным источником используемой энергии является антенна. Для ламповых приемников, обладающих возможностью огромного усиления принятых сигналов, эффективность антенн перестала играть сколько-нибудь существенную роль. Они часто вообще не имеют наружной антенны и хорошо работают от небольшого куска провода, протянутого в комнате. Но принцип работы антенны от этого не изменился: она образует открытый колебательный контур, который обязательно должен содержать емкость. А такая емкость существует и без специального заземления — это емкость между проводом антенны и шасси приемника, батареями питания или осветительной сетью, с которой сетевой приемник связан через силовой трансформатор. Шасси, батареи и осветительная сеть выполняют функции противовеса.

Присоединение хорошего заземления всегда улучшает работу антенной цепи. Поэтому при дальнем приеме на малочувствительный ламповый приемник хорошее заземление значительно улучшает прием.

В отдельных случаях присоединение заземления оказывается полезным в другом отношении: оно может помочь уменьшению фона и помех на выходе приемника.

Но приходится встречаться и с другими случаями, когда для некоторых сетевых приемников присоединение заземления вообще категорически запрещается. Это относится к приемникам, которые включаются в сеть непосредственно, без трансформатора или через автотрансформатор. У этих приемников шасси соединено непосредственно с одним из проводов сети, которая сама в большинстве случаев бывает заземлена. Если окажется, что шасси соединено как раз с незаземленным проводом сети, то присоединение добавочного внешнего заземления приведет к короткому замыканию. По этой же причине до шасси таких приемников нельзя дотрагиваться рукой — оно оказывается под напряжением относительно земли и прикосновение к нему опасно.

РАМОЧНЫЕ И МАГНИТНЫЕ АНТЕННЫ[1]

Кроме приведенных выше антенн, иногда применяется рамочная антенна, представляющая собой прямоугольную круглую или другой формы плоскую катушку из нескольких витков провода, обладающую свойством направленного приема (рис. 1).

Поворачивая рамочную антенну, можно получить наилучшую слышимость нужной радиостанции и уменьшить помехи от других станций.

Действующая высота рамки увеличивается с увеличением площади рамки и числа витков провода.

Направленные свойства рамочной антенны широко используются в радионавигационных устройствах для определения местонахождения и правильного курса следования кораблей и самолетов.

Однако рамочная антенна, имея размеры, значительно меньшие, чем наружная или комнатная антенна, дает гораздо более слабый прием. Поэтому она не получила распространения в радиолюбительской практике.

В последнее время в промышленных и любительских радиоприемниках, особенно в миниатюрных и переносных, применяются *магнитные (ферритовые) антенны*. Такая антенна представляет собой стержневой сердечник, изготовленный из высокочастотного магнитного материала с большой магнитной проницаемостью (феррита), на который надета небольшая катушка (рис. 2). Иногда катушка делается в виде нескольких секций на разные участки диапазона принимаемых волн.

Феррит сильно намагничивается под действием даже очень слабого магнитного поля проходящих радиоволн, а потери энергии в нем гораздо меньше, чем во многих других магнитных материалах. Благодаря этим свойствам феррита даже при небольших размерах катушки магнитной антенны в ней под действием радиоволн возникает такая же э. д. с.,

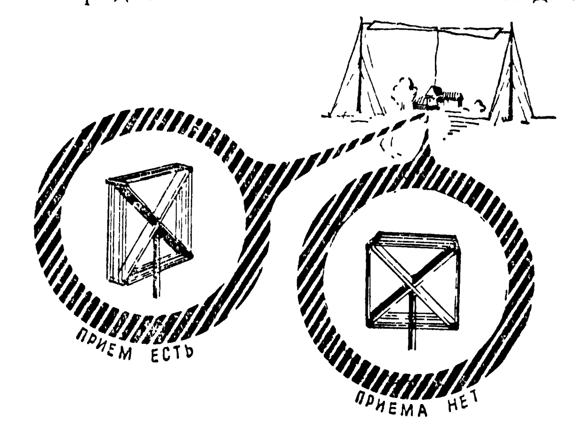


Рис. 1. Рамочная антенна имеет свойство направленности.

[1] По разным источникам.

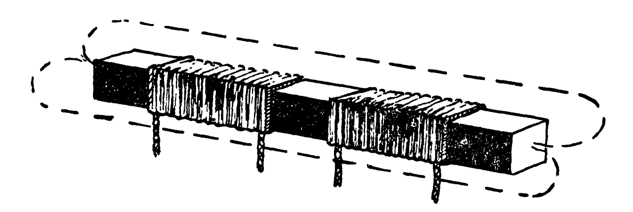


Рис. 2. Магнитная антенна.

как и в рамочной антенне, но бо́льших размеров.

Сердечник магнитной антенны в большинстве случаев имеет длину от 5 до 30 *см* и диаметр от 1 до 2 *см*.

Число витков катушки бывает порядка нескольких десятков.

Направленное действие у магнитной антенны такое же, как и у рамочной.

Чтобы принять на рамочную антенну, надо, чтобы плоскость ее витков совпала с направлением на передающую станцию. А чтобы принять на магнитную антенну, надо расположить ее так, чтобы ось сердечника была перпендикулярна этому направлению, но при этом плоскость витков катушки как раз и будет направлена на радиостанцию.

Отметим, что магнитная антенна значительно слабее воспринимает индустриальные помехи. Последние имеют явно выраженную электрическую составляющую, а на магнитную антенну в основном воздействует магнитная составляющая электромагнитного поля. Другими словами, в местах, где действуют индустриальные помехи, прием на магнитную антенну будет значительно чище от помех, чем на обычные любительские антенны.

Обычно магнитную антенну монтируют внутри самого приемника. Для использования ее направленных свойств миниатюрные приемники поворачивают до получения наиболее громкой слышимости. В больших приемниках магнитную антенну вращают специальной ручкой.

Следует помнить, что по своей чувствительности магнитная антенна равноценна комнатной антенне малых размеров (в виде небольшого куска провода). Поэтому для приемников с низкой чувствительностью магнитная антенна непригодна. Ее целесообразно применять лишь для переносных миниатюрных приемников, а также в случае, когда нужно уменьшить помехи от других радиостанций, имеющих длину волны, близкую к длине волны принимаемой станции, но расположенных в ином направлении.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

И. П. Жеребцов, Радиотехника, изд. 4-е, переработанное, Связьиздат, 1958.

В третьей главе книги достаточно подробно рассматриваются антенные устройства и распространение радиоволн.

О. Г. Туторский, Радиолюбительская связь на УКВ, Изд. ДОСААФ, 1958.

Заключительная глава книги посвящена УКВ антеннам.

Н. М. Изюмов и Д. П. Линде, Основы радиотехники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

Книга содержит много материалов о современных антеннах (гл 6) и распространении радиоволн (гл. 7).

В. И. Хомич, Приемные ферритовые антенны (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

Изложены основные принципы расчета и конструирования приемных ферритовых антенн. Помимо широко известных антенн для портативных приемников, особое внимание в книге уделено ультракоротковолновым ферритовым антеннам.

Рассчитана на руководителей радиокружков.

В. Г. Борисов, Юный радиолюбитель, изд. 3-е (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

Изложены в форме популярных бесед элементарные основы радиотехники, принципы работы радиоприемников.

М. Е. Жаботинский и И. Л. Радунская, Радио наших дней, Изд. АН СССР (Научно-популярная серия), 1959.

Первая глава книги посвящена физическим основам радиоэлектроники. В ней имеется раздел «Распространение радиоволн», использованный в «Хрестоматии радиолюбителя».

С. Е. Загик и Л. М. Капчинский, Приемные телевизионные антенны, изд. 3-е, переработанное и дополненное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Рассмотрены различные типы наружных и комнатных антенн для приема телевизионных программ и особенности приема телевизионных передач. Даны практические рекомендации по выбору антенн для различных условий приема, а также по их изготовлению и установке. Описываемые антенны могут быть использованы также для работы в радиолюбительских УКВ диапазонах.

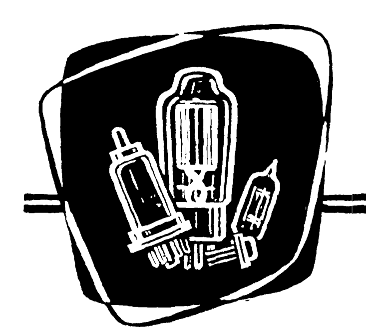
Книга сельского радиолюбителя, Изд. ДОСААФ, 1961.

Глава девятая книги посвящена устройству антенны и заземления.

Ю. В. Костыков и Л. Н. Ермолаев, Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1961.

Глава седьмая книги рассматривает антенну и заземление как открытый колебательный контур, типы антенн и их свойства, устройство антенны и заземления





Глава седьмая

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ И ТРАНЗИСТОРЫ

ЭЛЕКТРОННАЯ ЛАМПА[1]

Это название прекрасно подчеркивает основную черту радиолампы как электронного прибора, работа которого построена на использовании движения электронов. В чем же заключается участие электронов в работе радиолампы?

В металлах имеется много полусвободных, т. е. слабо связанных с атомами электронов. Эти электроны находятся в постоянном движении, точно так же как находятся в постоянном движении и все частицы вещества — атомы и молекулы.

Движения электронов хаотичны; для иллюстрации такого хаотического движения обычно приводят в качестве примера рой комаров в воздухе. Скорость движения электронов немала: она в грубых цифрах равна примерно 100 *км/сек* — это раз в 100 больше скорости винтовочной пули.

Но если электроны летают в металле в различных направлениях, как мошкара в воздухе, да еще с такими громадными скоростями, то они, вероятно, вылетают и за пределы тела.

На самом деле этого не происходит. Те скорости, которыми обладают в нормальных условиях электроны, недостаточны для их вылета из толщи металла во внешнее пространство. Для этого нужны гораздо бо́льшие скорости.

Электронная эмиссия. Каким же способом можно увеличить скорость движения электронов? Физика дает ответ на этот вопрос. Если нагревать металл, то скорость движения электронов возрастет и в конце концов может достичь того предела, когда электроны начнут вылетать в пространство. Нужная для этого скорость довольно велика. Например, для чистого вольфрама, из которого делают нити накала радиоламп, она равна 1 270 *км/сек.* Такой скорости электроны достигают при нагреве вольфрама до 2 000° и выше (здесь и дальше градусы указаны по абсолютной шкале).

Испускание нагретым металлом электронов называется *термоэлектронной эмиссией.* Электронную эмиссию можно уподобить испарению жидкостей. При низких температурах испарения совсем не происходит или оно бывает очень мало. С повышением температуры испарение увеличивается. Бурное испарение начинается по достижении точки кипения.

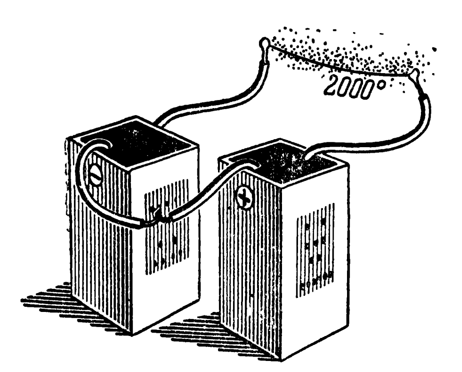
Испарение жидкости и термоэлектронная эмиссия металлов — явления, во многом сходные.

Для получения термоэлектронной эмиссии металл надо нагреть, причем способ нагревания не имеет значения. Но практически удобнее всего нагревать металл электрическим током. В электронных лампах нагреваемому металлу придают вид тонких нитей, накаливаемых электрическим током. Нити эти называются *нитями накала,* а нагревающий их ток — *током накала.*

Мы упоминали о том, что для получения эмиссии надо нагреть металл до очень высокой температуры — примерно до 2 000° и даже выше. Такую температуру выдерживает далеко не каждый металл; большинство металлов при такой высокой температуре плавится. Поэтому нити накала можно делать только из очень тугоплавких металлов; обычно их делают из вольфрама.

В первых образцах электронных ламп применялись чисто вольфрамовые нити накала. При температуре, нужной для получения

[1] По разным источникам.



При $t = 2\,000°$ вольфрам начинает испускать электроны.

эмиссии, вольфрамовые нити накаливались до белого свечения, отчего и произошло, между прочим, название «лампа». Однако такая «иллюминация» обходится очень дорого. Чтобы накалить нить лампы до белого каления, нужен сильный ток. Маленькие приемные лампы с чисто вольфрамовой нитью накала потребляли ток накала в пол-ампера.

Но скоро был найден путь уменьшения тока накала. Исследования показали, что если покрыть вольфрам некоторыми другими металлами или их соединениями, то вылет электронов облегчается. Для вылета требуются меньшие скорости, следовательно требуется и меньший нагрев нити, значит такая нить будет потреблять меньший ток накала. Мы не станем приводить здесь истории постепенного совершенствования нитей, а сразу укажем, что современные оксидированные нити накала работают при температуре около 700—900° С, т. е. при мало заметном оранжево-красном накале. В связи с этим удалось снизить ток накала примерно в 10 раз. Современный десятиламповый приемник потребляет примерно такой же ток накала, как приемник, имевший всего лишь одну лампу старого образца.

Процесс покрытия нитей накала облегчающими эмиссию составами называется *активированием*, а сами нити носят название *активированных*.

Активированные нити накала хороши во всех отношениях, кроме одного: они боятся перекала, т. е. повышенного против нормы нагрева.

Если активированную нить перекалить, то нанесенный на нее слой активирующего вещества улетучится; вследствие этого нить потеряет способность испускать электроны при низкой температуре. Про такую лампу говорят, что она *«потеряла эмиссию»*. Нить накала такой лампы цела, лампа «горит», но не работает. Об этом обстоятельстве следует помнить и никогда не допускать, чтобы напряжение накала лампы превосходило нормальную величину.

Конечно, потерявшую эмиссию лампу можно было бы заставить работать, доведя накал ее нити до белого свечения. Но нити современных ламп делаются очень тонкими и, так как при белом калении металл нити довольно быстро распыляется, то нити скоро перегорают.

Катоды. Нить накала является в электронных приборах излучателем электронов. В практических схемах использования этих приборов эти излучатели всегда соединяются с отрицательным полюсом (минусом) основного источника питания, почему они и называются *катодами*. Поэтому нить накала, служащую для излучения электронов, можно назвать катодом.

Но нужно отметить, что раскаленная нить не всегда служит непосредственным излучателем электронов. Иногда она используется только в качестве источника тепла, с помощью которого разогревается другое металлическое тело, являющееся уже источником нужных для работы лампы электронов. Иначе говоря, функции подогрева и излучения электронов не всегда бывают объединены, т. е. нить накала не всегда бывает катодом.

Так, например, если катод выполнен в виде тонкой нити, такую нить удобно питать постоянным током от гальванических элементов или от аккумулятора, так как для ее накала требуется небольшой ток; катод оказывается экономичным.

Но для питания переменным током тонкие нити накала не годятся.

Для нормальной работы электронных приборов надо, чтобы катод все время излучал одинаковое количество электронов. Для этого его температура должна поддерживаться строго постоянной. При питании нити от батарей или аккумуляторов это условие выполняется. Но при питании нити переменным током оно уже не может быть соблюдено. Переменный осветительный ток 100 раз в секунду меняет свои величину и направление (дважды в течение каждого периода). 100 раз в секунду ток достигает наибольшей величины и столько же раз уменьшается до нуля. Совершенно очевидно, что и температура нити накала будет испытывать колебания в соответствии с изменениями величины тока, а вместе с тем будет изменяться и количество излучаемых электронов.

Правда, вследствие тепловой инерции нить не успеет полностью охладиться в те мгновения, когда ток переходит через нулевое зна-

чение, но все же колебания ее температуры и величины электронной эмиссии оказываются очень заметными. Это обстоятельство не позволяло раньше пользоваться таким удобным источником тока, как осветительная сеть, для питания электронных приборов, в которых использовалась тепловая эмиссия электронов. Многочисленные попытки сделать нить накала пригодной для нагрева переменным током путем увеличения ее толщины были мало успешны. Полное решение этого вопроса дала лишь реализация предложения нашего ученого А. А. Чернышева об устройстве подогревного катода.

Подогревные катоды в настоящее время применяются во всем мире. Бо́льшая часть электронных приборов всех типов предназначена для питания от осветительной сети переменного тока и имеет подогревные катоды.

В подогревных катодах нить накала сама по себе уже не является источником, излучающим электроны. Непосредственный излучатель электронов изолирован от нити и лишь подогревается ею. Отсюда и произошло название «подогревный» катод. Масса излучателя делается достаточно большой, для того чтобы он не успевал охладиться во время уменьшения величины подогревающего тока. Само собой понятно, что такие катоды не могут давать эмиссию немедленно после включения тока накала. Их разогрев занимает примерно от 15 до 30 *сек.*

Конструкции подогревных катодов бывают различными, но принцип их устройства в общем одинаков. В старых конструкциях подогреватель выполнялся в виде керамической трубочки диаметром около миллиметра с двумя сквозными каналами по ее длине. В эти каналы пропускалась подогревная нить. В более современных конструкциях слой теплостойкой изоляции наносится непосредственно на нить подогревателя. Для этого нить обмазывают составом, который после соответствующей обработки затвердевает, покрывая подогреватель теплостойкой оболочкой, обладающей достаточно хорошими изоляционными свойствами при высокой температуре. На подогреватель надевается цилиндрик из никеля, покрытый снаружи слоем оксида, являющийся собственно излучателем электронов, или катодом. У таких катодов имеются три вывода—два от концов подогревающей нити и один от излучателя. Первые два обычно называются выводами нити накала, а третий — выводом катода. Эмиссия подогревного катода совершенно равномерна.

Цилиндрическая форма подогревного катода наиболее распространена, но не является единственной. В некоторых современных электронных лампах применяются катоды торцового типа в форме стаканчика, дно которого снаружи покрыто оксидом. Такие катоды применяются, в частности, в электронно-лучевых трубках, с которыми мы встретимся позже.

Если излучателем электронов является сама нить накала, то такой катод иногда называют катодом *прямого накала;* если же нить только подогревает излучатель, то подобное устройство часто называют катодом *косвенного подогрева* или *косвенного накала.*

Вакуум. Каждый, кто видел электронную лампу, знает, что она заключена в стеклянный или металлический баллон, из которого выкачан воздух. Внутри баллона воздух чрезвычайно разрежен. Давление воздуха на поверхности земли, т. е. давление в одну атмосферу, соответствует примерно 760 *мм рт. ст.*, а давление воздуха внутри баллона электронной лампы составляет всего лишь около 10^{-7} *мм рт. ст.* и даже меньше, т. е. примерно в 10 млрд. раз меньше атмосферного давления. Такую степень разреженности называют высоким *вакуумом* (вакуум по-русски значит пустота).

Для чего нужен вакуум в электронной лампе?

Во-первых, он нужен для сохранения нити накала.

Если бы нить накала, нагретая почти до тысячи градусов, находилась просто в воздухе, то она бы очень скоро перегорела. Нагретые тела быстро окисляются кислородом воздуха.

Во-вторых, вакуум нужен для беспрепятственного движения вылетающих из нити электронов.

Работа электронной лампы основана на использовании электронов, вылетающих из



Рис. 2. Давление воздуха внутри баллона радиолампы примерно в 10 раз меньше атмосферного.

нити накала. Однако для того чтобы можно было как следует использовать электроны, надо, чтобы они не встречали на своем пути никаких препятствий. Воздух же является таким препятствием.

Молекулы и атомы газов, входящих в состав воздуха, в несметном количестве окружают нить накала и препятствуют полету электронов. Для того чтобы уменьшить возможность столкновения электронов с частицами газов, воздух внутри баллона разрежают.

Особую роль в создании вакуума играют так называемые *«геттеры»*, или *поглотители*.

Дело в том, что при массовом производстве ламп было бы слишком долго и невыгодно доводить вакуум в них до требуемой степени при помощи насосов.

Поэтому поступают иначе. При помощи насосов производят лишь предварительное, так сказать черновое, разрежение воздуха в лампе. Давление доводят до одной тысячной или даже только до одной сотой миллиметра ртутного столба. А для устойчивой работы лампы необходимо, чтобы давление в ней было меньше одной миллионной миллиметра ртутного столба. Чтобы получить это высокое разрежение, в лампе распыляют вещество, которое обладает способностью жадно поглощать газы. Таким свойством обладают, например, металлы магний, барий и некоторые соединения.

Чтобы распылить геттер в лампе со стеклянной оболочкой, к ней подносят катушку, питаемую током высокой частоты. Укрепленная на никелевой пластинке внутри лампы таблетка геттера раскаляется и испаряется. Пары ее оседают на стекле и образуют тот серебристый (при магниевом геттере) или темно-металлический налет (при геттере из бария), который мы видим у большинства стеклянных электронных ламп. Этот металлический налет жадно поглощает все остатки газов, и давление в лампе падает до миллионной доли миллиметра ртутного столба, его уже вполне достаточно для устойчивой и надежной работы лампы.

В среде столь разреженного газа электроны распространяются практически беспрепятственно. При движении внутри лампы не больше чем один электрон из миллиона встречается на своем пути с молекулой газа.

ДИОДЫ[1]

Простейшей электронной лампой является диод. Слово «диод», основой которого служит греческий корень «ди» — два, означает, что в этой лампе имеются два электрода.

Первый из этих электродов — *катод*, служащий для получения потока электронов и необходимый в каждой электронной лампе, к какому бы типу она ни относилась. Вторым электродом является металлическая пластинка — анод. Таким образом, диод — двухэлектродная электронная лампа — представляет собой стеклянный или металлический баллон, из которого выкачан воздух и внутри которого находятся катод и анод. От этих электродов сквозь стенки баллона проходят выводы. Если баллон стеклянный, то выводы впаиваются в стекло. Если же баллон металлический, то выводы можно сделать, например, через стеклянные бусинки, впаянные в металл. От анода делается один вывод. От катода делаются два вывода. В случае катода прямого накала выводы делают от концов нити. Если катод подогревный, то от него делают три вывода: два — от подогревающей нити и один — от излучающего слоя, т. е. от собственно катода.

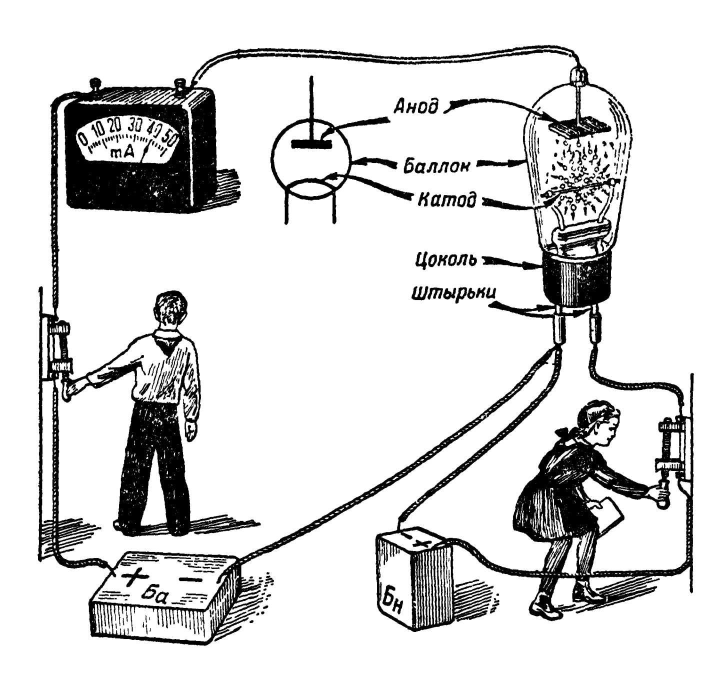
Внутри баллона лампы создается очень высокий вакуум, вполне достаточный для того, чтобы электроны могли беспрепятственно вылетать из раскаленного катода. Поэтому если катод диода нагреть до нужной температуры, то начнется электронная эмиссия и электроны образуют вокруг катода своего рода электронное облачко. Образование этого облачка объясняется тем, что электроны, вылетающие из катода, испытывают отталкивающее действие со стороны ранее вылетевших электронов, поэтому они не могут отлететь на значительное расстояние от катода. Часть электронов, имеющих наименьшие скорости, падает обратно на катод. В конце концов электронное облачко стабилизируется: на катод падает столько же электронов, сколько из него вылетает. Облачко представляет собой запас свободных электронов в вакууме, пригодный для использования.

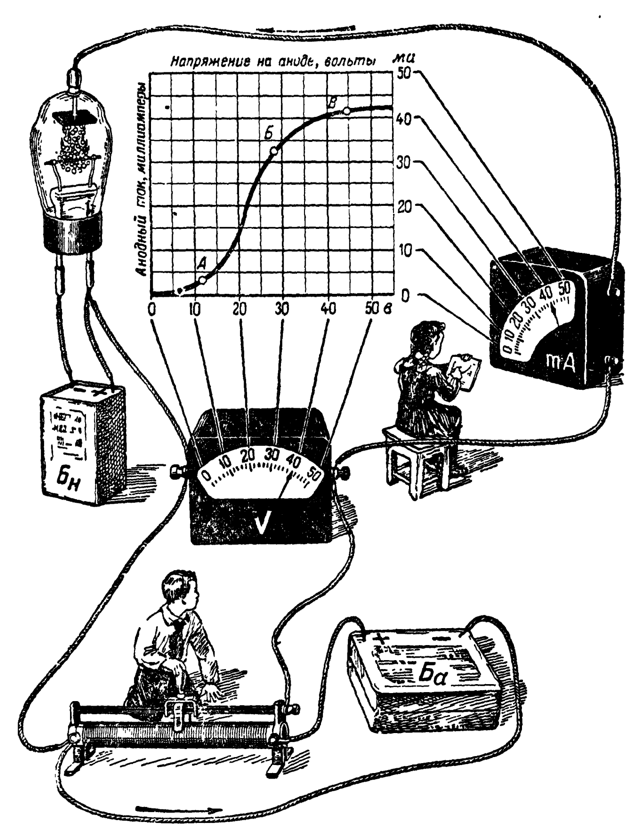
Второй находящийся в баллоне диода электрод — *анод* — предназначается для использования электронов, вылетающих из катода, и для управления ими. С этой целью к катоду и аноду лампы подводится электрическое напряжение, например от батареи.

Очевидно, это напряжение можно подвести к лампе двумя способами: минус источника напряжения — к катоду и плюс — к аноду или

---

[1] Е. А. Левитин, Электронные лампы (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.





наоборот. Если мы присоединим плюс источника напряжения к катоду, а минус — к аноду, то электроны, вылетающие из катода и сконцентрированные в окружающем его электронном облачке, не будут использованы. Отрицательно заряженный анод будет отталкивать электроны.

Иначе будет обстоять дело тогда, когда мы присоединим плюс источника напряжения к аноду, а минус — к катоду и одновременно в цепь батареи включим миллиамперметр. При таком присоединении миллиамперметр отметит прохождение тока. Этот ток будет течь по следующей цепи: батарея — катод лампы — пространство между катодом и анодом лампы — миллиамперметр — батарея. Ток в цепи возникает тогда, когда плюс батареи присоединен к аноду, а минус — к катоду. Этим и объясняется название второго электрода лампы: «анод» (в электротехнике анодом принято называть электроды, соединенные с положительным полюсом источника тока, а катодом — электроды, соединенные с отрицательным полюсом). В соответствии с этим текущий через лампу ток, образованный потоком электронов, несущихся от катода к аноду, называют *анодным током.* Анодный ток обозначается обычно символом $i_а$, а напряжение на аноде — символом $U_а$. В отличие от него напряжение накала лампы обозначается символом $U_н$.

Чем же определяется величина $i_а$?

Чтобы ответить на этот вопрос, произведем такой опыт. Раскалим катод до нужной температуры и будем подавать на анод положительное напряжение, начиная с самого небольшого и постепенно увеличивая его. При каждом изменении анодного напряжения будем по миллиамперметру отмечать величину тока в цепи. Если мы затем по записанным отсчетам построим график, откладывая по горизонтальной оси величины напряжения на аноде, а по вертикальной — соответствующие величины анодного тока, го получим кривую, подобную изображенной на рисунке.

При отсутствии анодного напряжения, т. е. при $U_а=0$, электроны к аноду не притягиваются, анодный ток будет равен нулю ($i_а=0$). Анодный ток возникает после того, как на анод подано положительное напряжение. По мере его увеличения анодный ток будет возрастать, причем рост его до точки *А* вначале идет медленно, а затем быстрее. Такое быстрое возрастание тока продолжается, пока он не достигнет некоторого значения, соответствующего точке *Б*. При дальнейшем повышении анодного напряжения рост анодного тока замедляется. Наконец, в точке *В* он достигает наибольшей величины. Дальнейшее повышение анодного напряжения уже не сопровождается увеличением анодного тока.

Кривая, показывающая зависимость величины анодного тока двухэлектродной лампы от напряжения на ее аноде, называется харак-

теристикой лампы и служит для технических расчетов, связанных с использованием лампы.

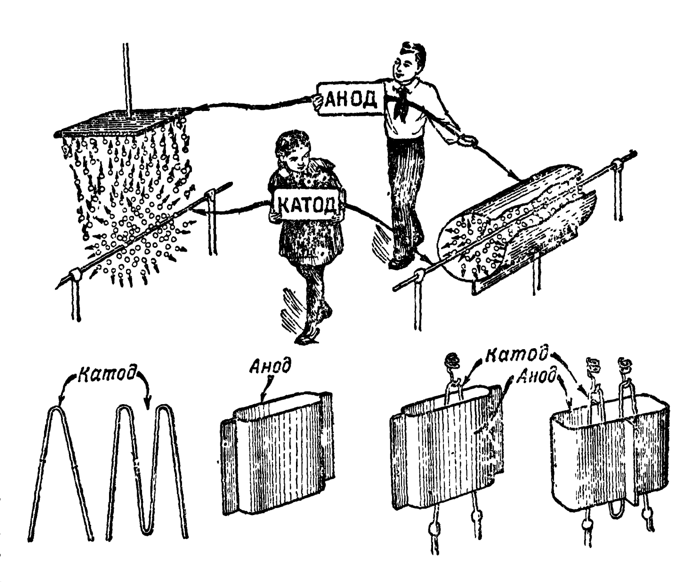
Чем же объясняется такая форма характеристики диода?

Чтобы понять это, проследим за происходящими в лампе процессами.

Вначале при отсутствии напряжения на аноде все излучаемые катодом электроны скапливаются вокруг него, образуя электронное облачко. При появлении на аноде небольшого положительного напряжения некоторые электроны, обладающие большей скоростью, чем остальные, начинают отрываться от облачка и устремляются к аноду, создавая небольшой анодный ток. По мере увеличения анодного напряжения все большее количество электронов будет отрываться от облачка и притягиваться анодом. Наконец, при достаточно большом напряжении на аноде все электроны, окружающие катод, будут притянуты, электронное облачко совершенно «рассосется». Этот момент соответствует точке *B* характеристики лампы. При таком анодном напряжении все вылетающие из катода электроны будут немедленно притягиваться анодом. Дальнейшее увеличение анодного тока при данной величине накала невозможно. Для этого нужны дополнительные электроны, а их взять негде, вся эмиссия катода исчерпана.

Анодный ток такой величины, какая устанавливается при полном использовании всей эмиссии катода, называется *током насыщения.* Увеличить ток насыщения можно только одним способом — повысить накал катода, но этот способ не применяется, потому что он сокращает срок службы катода.

До сих пор мы говорили об аноде как о металлической пластинке, находящейся внутри баллона лампы и имеющей вывод наружу. Делать анод действительно в виде пластинки было бы невыгодно, так как катод излучает электроны во всех направлениях, а пластинку можно поместить только с одной его стороны. В практических конструкциях диодов



анод обычно имеет форму цилиндра, окружающего катод. При таком устройстве лампы все излучаемые катодом электроны с одинаковой силой притягиваются анодом.

Цилиндрическая форма анода наиболее выгодна тогда, когда катод имеет прямолинейную форму. Если катод имеет вид латинской буквы V или W, что часто делается для увеличения его длины, то анод оказывается более выгодным делать в виде коробки без двух противоположных боковых стенок. Такой анод в сечении имеет прямоугольную форму, часто с закругленными углами.

У лампы с подогревным катодом аноду придают такую форму, чтобы он во всех направлениях отстоял по возможности на одинаковом расстоянии от катода.

Наиболее широко применяются цилиндрический подогревный катод и соответственно цилиндрический анод. Очень выгодной оказывается эллиптическая форма катода и анода.

Для уменьшения нагрева анода его часто снабжают ребрами или крылышками, которые способствуют лучшему отводу от него тепла.

ТРИОДЫ [1]

Электронные лампы приобрели свои исключительно ценные свойства лишь после того, как в диод был введен третий электрод — *сетка.* Введение в диод сетки коренным образом изменило весь характер работы лампы и открыло перед нею огромные возможности. Сетка помещается между катодом и анодом.

Название «сетка» объясняется тем, что в первых триодах этот электрод действительно представлял собой сетку или решетку. В дальнейшем сетку начали делать в виде проволочной спирали или винтовой линии, окружающей катод, но первоначальное название «сетка» удержалось за этим электродом до настоящего времени.

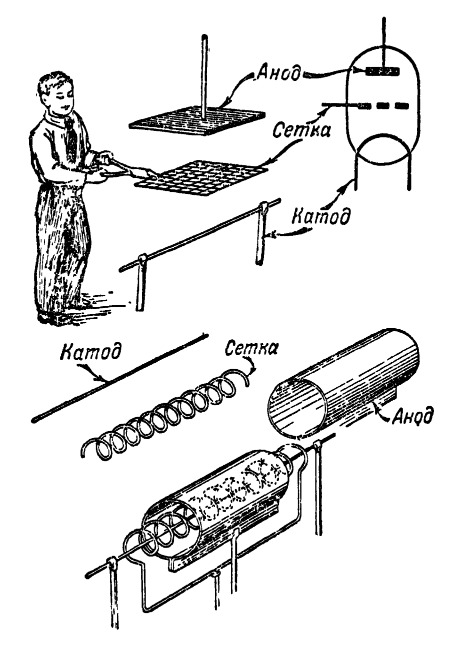
Какую же роль выполняет сетка?

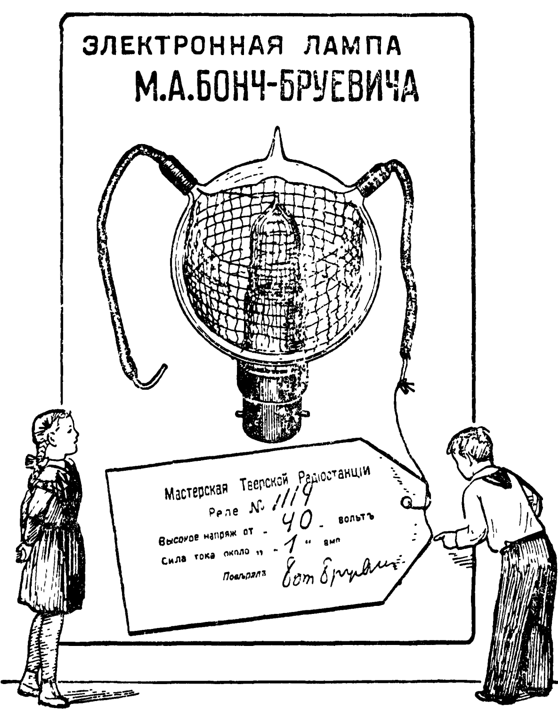
Работа триода, как всякой электронной лампы, основана на существовании электронного потока между катодом и анодом. Сетка находится между этими электродами, поэтому электроны, устремляющиеся от катода к ано-

[1] Е. А. Левитин, Электронные лампы (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

ду, встречают ее на своем пути и сетка управляет количеством электронов, летящих к аноду.

Разумеется, сетку нельзя рассматривать как механическое препятствие для электронов. Промежутки между витками сетки, как бы густа она ни была, всегда будут огромны по сравнению с размерами электронов. Если, например, представить себе электрон в виде футбольного мяча, то расстояния между витками сетки в том же масштабе будут равны расстояниям между планетами нашей вселенной.



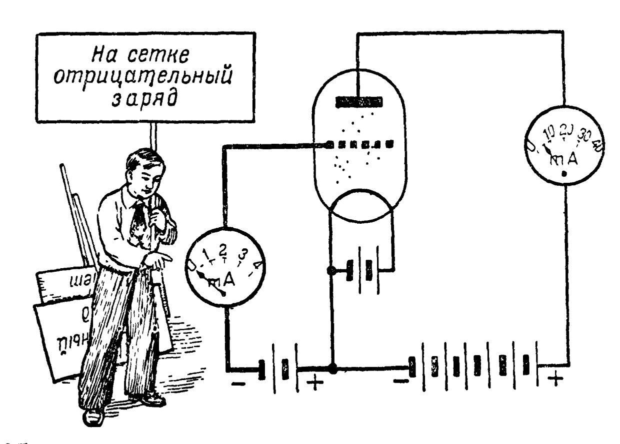


Сетка, как и другие электроды, имеет вывод наружу. Посмотрим, изменится ли что-либо в работе лампы, если вывод сетки присоединить к катоду. При таком соединении сетка приобретает потенциал катода. Между сеткой и катодом не будет никакого электрического поля, поэтому витки сетки окажут очень слабое действие на электроны, летящие от катода к аноду. Возможно, что отдельные электроны, столкнувшиеся с витками сетки, застрянут на них. Но в этом случае сетка зарядится отрицательно по отношению к катоду и излишние электроны немедленно стекут с нее на катод по соединительному проводнику, выравнивая таким образом потенциалы сетки и катода.

Положение резко изменится, если сообщить сетке какой-либо потенциал относительно катода. Осуществить это можно, включив, например, между катодом и сеткой батарею.

Если батарея окажется включенной так, что сетка зарядится отрицательно, то последняя начнет отталкивать летящие электроны обратно к катоду. Если в анодную цепь лампы включен измерительный прибор, то он зарегистрирует уменьшение анодного тока. Прорываться к аноду сквозь сетку смогут лишь те электроны, которые обладают достаточно большой энергией, т. е. достаточно большой скоростью.

При значительном отрицательном напряжении на сетке даже те электроны, которые обладают наибольшей скоростью, не смогут преодолеть ее отталкивающее действие и будут повернуты назад к катоду. Анодный ток прекратится. Лампа, как говорят, будет заперта. Если батарею (которую мы назовем сеточной) присоединить так, чтобы сетка была заряжена положительно относительно катода,



то возникшее между катодом и сеткой электрическое поле станет ускорять движение электронов. В этом случае прибор в цепи анода покажет увеличение анодного тока. Теперь смогут достигать анода и те электроны, которые при вылете из катода обладали малой скоростью и без помощи сетки не смогли бы преодолеть путь до анода.

Чем выше положительный потенциал сетки, тем больше она способствует увеличению скорости электронов, излучаемых катодом. В соответствии с этим возрастает и анодный ток. При этом, разумеется, некоторая часть электронов притягивается и к сетке, но при правильной конструкции лампы количество этих электронов невелико по сравнению с общей эмиссией катода. Подавляющее число электронов вследствие притяжения сеткой получает столь большое ускорение, что они проскакивают через промежутки между ее витками и устремляются к аноду, притяжение которого еще больше ускоряет их. Лишь те электроны, которые на своем пути сталкиваются непосредственно с витками сетки или оказываются в непосредственной близости от них, притянутся к сетке и создадут в ее цепи ток, получивший название *сеточного тока.*

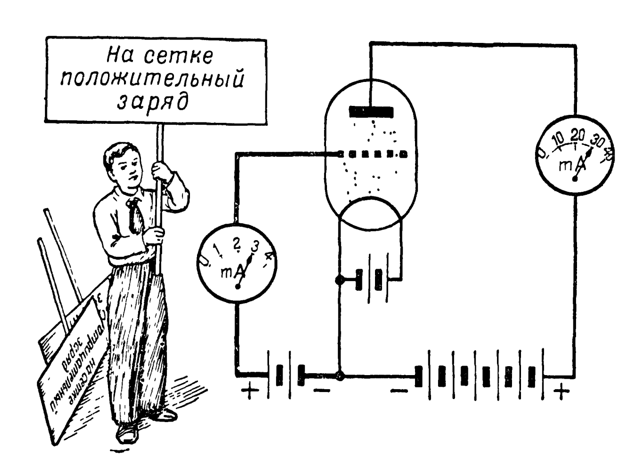
Однако по мере увеличения напряжения на сетке количество притягиваемых ею электронов увеличивается и при большом напряжении сеточный ток может стать очень большим.

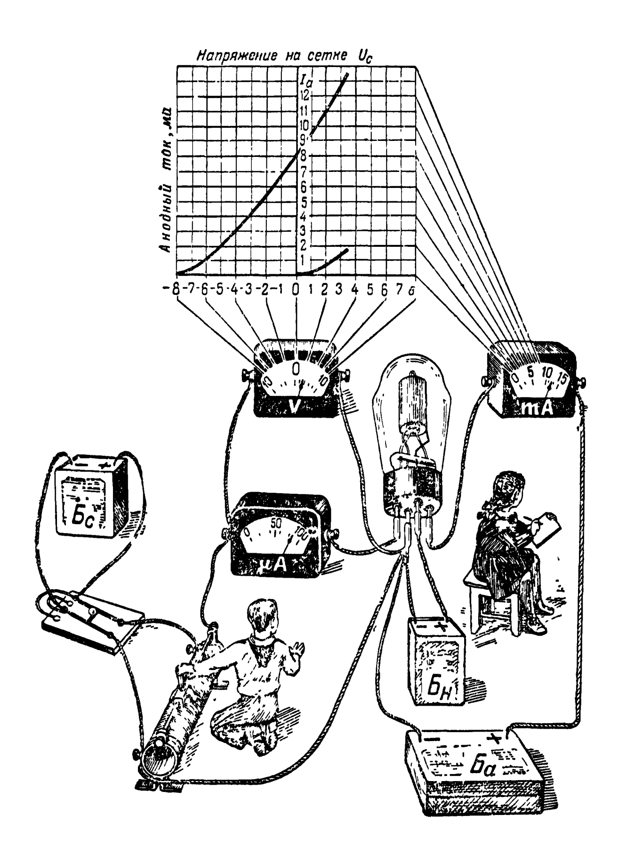
Процессы, происходящие в цепях анода и сетки трехэлектродной лампы, можно наглядно показать при помощи графика. По горизонтальной оси графика откладывается сеточное напряжение в вольтах, а по вертикальной — величина анодного тока в миллиамперах. Точка пересечения осей, т. е. начало координат, соответствует нулевому потенциалу сетки. Вправо от нее откладывается положительное напряжение, влево — отрицательное (см. стр. 109).

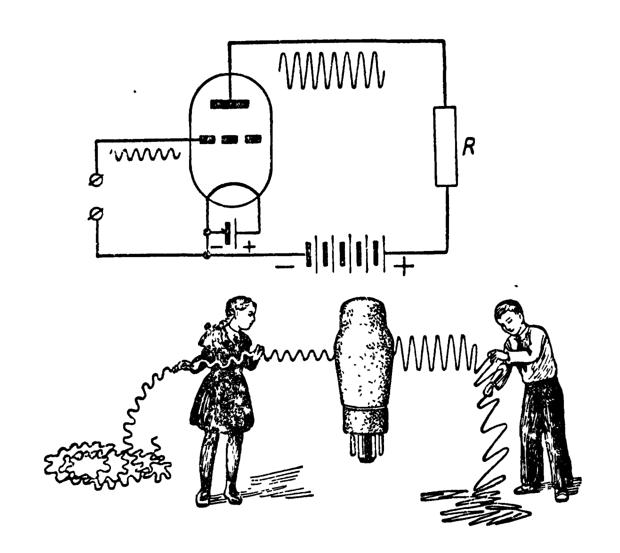
Для получения данных, нужных для построения графика, соберем схему, которая даст возможность изменять по желанию напряжение на сетке при неизменном напряжении на аноде и, разумеется, при неизменном напряжении накала. Отложив на графике величины анодного тока, соответствующие различным значениям напряжения на сетке, в виде кривой, мы получим так называемую *характеристику триода,* показывающую зависимость анодного тока лампы от величины и знака напряжения на сетке.

При некотором отрицательном напряжении на сетке анодный ток прекращается — становится равным нулю. Эта точка считается началом характеристики, так как достаточно самого малого уменьшения отрицательного напряжения на сетке, чтобы анодный ток возник. На приведенном для иллюстрации графике этой точке соответствует напряжение на сетке, равное — 8 *в.*

На графике изображена и характеристика сеточного тока, который начинается примерно при нулевом напряжении сетки и возрастает по мере увеличения положительного напряжения на ней. Влево от нуля, в области отрицательных напряжений на сетке, ток в ее цепи отсутствует. Однако анодный ток в этой области имеется и величина его зависит от значения отрицательного потенциала сетки. Сетка управляет величиной анодного тока, не потребляя никакого тока, т. е. не потребляя энергии. Она ведет себя, как электрическая заслонка, регулирующая доступ электронов к аноду лампы, но не расходующая энергии на свою работу. Это обстоятельство вместе с уже отмеченным ранее мгновенным изменением величины анодного тока при изменениях напряжения на сетке представляет замечательную особенность электронных ламп с сеткой, обеспечивающую им самые разнообразные применения.







На использовании управляющего действия сетки и основана способность лампы усиливать подводимое к ней напряжение. Увеличивая или уменьшая напряжение на сетке, мы тем самым заставляем анодный ток соответственно ослабляться или возрастать, причем изменения анодного тока происходят в полном соответствии с изменениями величины напряжения на сетке. Если при этом включить в анодную цепь лампы нагрузку — некоторое сопротивление нагрузки R, то анодный ток, проходя по нему, будет создавать на нем падение напряжения. Любое увеличение или уменьшение анодного тока приведет к изменению величины падения напряжния на нагрузке. Но мы уже знаем, что изменения анодного тока в свою очередь имеют такую же форму, как и переменное напряжение на сетке; поэтому и форма изменения напряжения на анодной нагрузке будет такой же. Однако при этом изменения напряжения на анодной нагрузке будут во много раз больше по величине, потому что малые изменения напряжения на сетке создают большие изменения величины анодного тока даже при условии, что сопротивление нагрузки в анодной цепи лампы имеет достаточно большую величину.

Колебания напряжения на анодной нагрузке будут представлять собой как бы увеличенную фотографию колебаний напряжения на сетке.

Наклон характеристики у различных ламп неодинаков. У одних характеристика идет круче, у других — более полого. Очевидно, что чем круче поднимается характеристика, тем сильнее будут сказываться изменения сеточного напряжения на величине анодного тока и, следовательно, тем больше будет усиление лампы.

Из этого можно сделать вывод, что чем круче характеристика лампы, тем бо́льшими усилительными способностями она обладает. У нас выпускались раньше и выпускаются в последнее время разные типы триодов. Широко применялись триоды 6С5С и 6С4С; теперь выпускаются триоды 6С1П, 6С2П, 6С3П, 6С3Б, 6С6Б, 6С7Б и др.

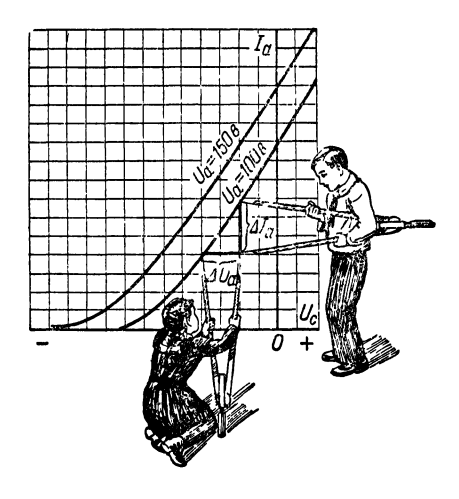
ПАРАМЕТРЫ ТРИОДА [1]

Для оценки ламп и для их сравнения пользуются специальными числовыми показателями, носящими название *параметров*.

То свойство лампы, о котором мы только что говорили, называется *крутизной характеристики* или просто крутизной. Этот параметр показывает, насколько круто поднимается характеристика лампы, т. е. насколько резко изменяется величина анодного тока при изменениях напряжения на сетке.

Крутизна характеристики обозначается буквой S и выражается в миллиамперах на вольт (*ма/в*). Физически крутизна характеристики показывает, на сколько миллиампер изменяется анодный ток лампы при изменении напряжения на ее сетке на 1 *в*. Для определения графическим способом крутизны характеристики надо построить на ней прямоугольный треугольник, гипотенузой которого служит исследуемый участок

[1] Е. А. Левитин, Электронные лампы (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.



характеристики, а катетами — линии, параллельные горизонтальной и вертикальной осям графика.

В таком треугольнике горизонтальный катет показывает величину изменения напряжения на сетке, а вертикальный — соответствующее изменение величины анодного тока лампы. Обозначим анодный ток символом $I_а$, а напряжение на сетке — символом $U_с$. Как принято в физике и технике, греческая буква Δ — дельта, стоящая перед обозначением какой-нибудь физической величины, обозначает небольшое увеличение, называемое приращением этой величины.

На нашем рисунке вертикальный катет определяет величину приращения анодного тока, т. е. $\Delta I_а$, а горизонтальный катет — соответственно $\Delta U_с$. Взяв отношение $\frac{\Delta I_а}{\Delta U_с}$, т. е.

$$\frac{\text{приращение анодного тока (миллиамперы)}}{\text{приращение анодного тока (миллиамперы)}},$$

мы получим значение крутизны характеристики (*ма/в*). Если, например, изменение напряжения на сетке на 2 *в* приводит к изменению анодного тока на 3 *ма*, то крутизна характеристики

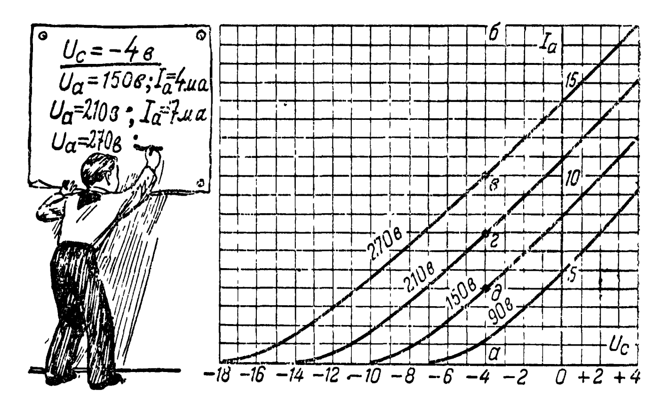
$$S=\frac{\Delta I_а}{\Delta U_с}=\frac{3}{2}=1,5 \ ма/в.$$

Если бы характеристика лампы представляла собой прямую линию, то крутизна, измеренная в разных ее точках, была бы одинаковой. В действительности же начальная (нижняя) часть характеристики более полога, чем остальная. Обычно лампа ставится в такие условия работы или, как часто говорят, в такой режим, при котором ее анодный ток изменяется в процессе работы только в пределах прямолинейной части характеристики. Поэтому, как правило, крутизну характеристики определяют именно для прямолинейного участка.

Величина крутизны характеристики зависит от конструкции лампы: крутизна тем больше, чем ближе сетка к катоду и чем больше эмиссия катода.

Та характеристика, которую мы только что рассматривали, получена при анодном напряжении $U_а = 100$ *в*. Если снять характеристику при более высоком анодном напряжении, например при 150 *в*, то она расположится на графике выше первой, потому что увеличение анодного напряжения приводит к возрастанию анодного тока.

Характеристики одной и той же лампы, снятые при разных анодных напряжениях, идут почти параллельно друг другу, причем характеристики, снятые при более высоком анодном напряжении, располагаются выше и левее, а снятые при более низком — ниже и правее. Ряд характеристик, снятых при разных напряжениях, называют *семейством характеристик*.



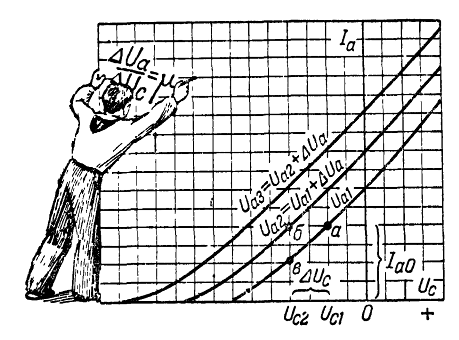
Из характеристик видно, что есть две возможности влиять на величину анодного тока триода: изменяя напряжение либо на его аноде, либо на сетке. При этом для одинаковых изменений анодного тока нужны неодинаковые изменения анодного или сеточного напряжения. Чтобы уяснить себе связь между этими величинами, сделаем такое построение. Проведем через семейство характеристик лампы вертикальную прямую *а — б* через точку, соответствующую отрицательному напряжению на сетке — 4 *в*. Точки *в*, *г* и *д*, в которых эта прямая пересечет характеристики, будут указывать величину анодного тока при одном и том же напряжении на сетке, но при разных анодных напряжениях.

Увеличение напряжения на аноде и на сетке, как мы знаем, приводит к увеличению анодного тока. Но анод расположен дальше от катода, чем сетка, поэтому он притягивает электроны слабее. Для увеличения анодного тока на одну и ту же величину требуется гораздо меньшее изменение напряжения на сетке, чем на аноде. У лампы, характеристики которой показаны выше, изменение напряжения на сетке на 3 *в* (с —4 до —1 *в*) вызывает изменение анодного тока на 3 *ма*. Если же напряжение на сетке оставить неизменным, равным —4 *в*, то для того чтобы анодный ток возрос на те же 3 *ма*, потребуется повышение анодного напряжения на 60 *в* (со 150 до 210 *в*). Если для увеличения анодного тока на 3 *ма* потребовалось в 20 раз большее увеличение анодного напряжения по сравнению с сеточным (анодное на 60 *в*, а сеточное на 3 *в*), то можно сказать, что управляющее действие сетки на величину анодного тока в 20 раз больше управляющего действия анода.

Число, показывающее, во сколько раз сетка действует на анодный ток сильнее, чем анод, называется коэффициентом усиления лампы и обозначается греческой буквой μ (мю).

Следовательно, для того чтобы добиться такого же увеличения (или уменьшения) анодного тока, какое производит изменение напряжения на сетке на U *в*, надо изменить анодное напряжение на μU *в*.

Коэффициент усиления можно определить из семейства характеристик лампы. Далее изображено несколько характеристик лампы. На самой нижней из них отмечены две точки: *в* и *а*. Для того чтобы увеличить анодный ток на величину, соответствующую двум делениям вертикальной шкалы, надо изменить напряжение на сетке на $\Delta U_с$. Если начальное напряжение на сетке было равно $U_{с2}$, то после изменения его на $\Delta U_с$ оно станет равным $U_{с1}$.



Из чертежа видно, что при сохранении напряжения на сетке равным U_{c2} можно получить такое же увеличение анодного тока, повысив анодное напряжение на величину ΔU_a (с U_{a1} до U_{a2}), так как точки *в* и *б* находятся на одной вертикальной линии. Значит, изменение сеточного напряжения на ΔU_c производит такое же действие на величину анодного тока, как и изменение анодного напряжения на ΔU_a. Взяв отношение $\frac{\Delta U_a}{\Delta U_c}$, мы получим величину коэффициента усиления лампы μ.

Если, например, изменение напряжения на сетке на 0,5 *в* приводит к такому же изменению анодного тока, как изменение анодного напряжения на 10 *в*, то коэффициент усиления

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c} = \frac{10}{0,5} = 20.$$

Величина коэффициента усиления определяется конструкцией лампы. Чем гуще сетка, тем больше коэффициент усиления. Причина этого ясна: чем гуще сетка, тем сильнее любое изменение ее напряжения будет воздействовать на поток электронов, летящих от катода к аноду.

Третьим параметром лампы является ее внутреннее сопротивление. С понятием о сопротивлении приходится сталкиваться при рассмотрении любой электрической цепи. Величина тока в цепи определяется соотношением, носящим название закона Ома:

$$\text{ток} = \frac{\text{напряжение}}{\text{сопротивление}};$$

отсюда $\text{сопротивление} = \frac{\text{напряжение}}{\text{ток}}$, или, пользуясь буквенным обозначением:

$$R = \frac{U}{I}.$$

Анодная цепь триода, т. е. та, по которой течет его анодный ток, образуется из источника тока, участка между катодом и анодом лампы и измерительного прибора. Участок анод — катод лампы и является тем сопротивлением, которое определяет величину тока в анодной цепи. Но электронная лампа представляет собой проводник особого рода, отличающийся от обычных проводников, и обладает свойствами, характерными только для нее. Поэтому внутреннее сопротивление лампы нельзя рассматривать как обычное сопротивление.

Пользуясь приведенной выше формулой, можно было бы по анодному напряжению лампы и соответствующему этому напряжению анодному току вычислить сопротивление лампы. Но найденная таким способом величина будет сопротивлением лампы постоянному току, которое никакого интереса не представляет. Электронная лампа чаще всего используется для усиления переменных напряжений. При этом происходят увеличения и уменьшения анодного тока лампы и для суждения о ее работе, надо знать не простую зависимость между током и напряжением в анодной цепи, а то, как *изменяется* анодный ток при *изменениях* анодного напряжения, поскольку именно это определяет величину напряжения на сопротивлении анодной нагрузки.

На графике, помещенном на стр. 110, видно, что при нулевом напряжении на сетке и анодном напряжении 150 *в* анодный ток равен 8 *ма*. При повышении анодного напряжения до 210 *в* анодный ток возрастает до 11 *ма* Следовательно, при изменении анодного напряжения на 60 *в* произошло изменение анодного тока на 3 *ма*.

Для большинства вычислений, связанных с работой электронной лампы, представляет интерес именно эта величина, показывающая соотношение между изменениями анодного напряжения и анодного тока, называемое *внутренним сопротивлением лампы*:

внутреннее сопротивление =

$$= \frac{\text{изменение анодного напряжения}}{\text{изменение анодного тока}}.$$

Символически это выражение выглядит так:

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}.$$

Обозначение R_i введено специально для того, чтобы подчеркнуть, что оно обозначает не обычное сопротивление лампы постоянному току, а ее сопротивление переменному току.

Если ΔI_a выражено в амперах, а ΔU_a — в вольтах, то R_i будет выражено в омах.

Величину R_i легко определить из семейства характеристик лампы. В нашем предыдущем примере изменение анодного напряжения на 60 *в* сопровождалось изменением анодного тока на 3 *ма* = 0,003 *а*, значит внутреннее сопротивление лампы

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{60}{0,003} = 20\,000 \text{ ом}.$$

Параметры лампы — крутизна характеристики, коэффициент усиления и внутреннее сопротивление — являются исходными данными для расчетов аппаратуры, в которой применяют электронные лампы.

Между указанными тремя параметрами триода существует легко запоминаемая зависимость:

$$\frac{\text{крутизна характеристики} \times \text{внутреннее сопротивление}}{\text{коэффициент усиления}} = 1,$$

или

$$\frac{SR_i}{\mu} = 1.$$

Усилительное действие лампы всегда оказывается тем лучшим, чем больше крутизна ее характеристики. Для многих случаев, например для большинства схем, в которых применены пентоды, зависимость между величиной усиления и крутизной лампы проста: усиление прямо пропорционально крутизне. В большинстве остальных случаев эта зависимость близка к прямой пропорциональности.

Поэтому наиболее важным параметром, наилучшим для оценки качества лампы является крутизна ее характеристики.

ГДЕ СКРЫТО СОПРОТИВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАМПЫ[1]

В каждом современном радиоприемнике или телевизоре работают электронные лампы. Каждая из них потребляет от источника питания анодный ток.

Чем определяется величина этого тока?

Вопрос, как будто, нетрудный. Величина тока в цепи равна величине подведенного к ней напряжения, деленной на величину сопротивления цепи. Если к электронной лампе подвести, допустим, 100 *в*, приложив плюс к аноду, а минус — к катоду, то через лампу потечет ток, величина которого определится сопротивлением лампы.

Но тут-то нас и подстерегают неожиданные трудности. В самом деле, о каком сопротивлении лампы может идти речь. Пространство между катодом и анодом лампы пусто.

Действительно, омметр, присоединенный к аноду и катоду лампы с накаленным катодом, покажет бесконечность. Ток, приводящий в движение стрелку омметра, не может пройти через вакуум. Но это не значит, что вакуум — изолятор. Наш опыт с омметром дал отрицательные результаты не потому, что электрические заряды не могли двигаться в вакууме, а потому, что в этом вакууме не было зарядов, там нечему было двигаться. Заряды, находящиеся в вакууме, движутся, не встречая никакого сопротивления. Надо только помочь зарядам проникнуть в вакуум с некоторой скоростью. Накаливая катод, мы это и делаем. Мы выталкиваем заряды — в данном случае электроны — из катода в вакуум.

Пожалуй, нам удалось опровергнуть версию об изоляционных свойствах закуума и доказать, что она представляет собой сверхпроводник, не имеющий сопротивления, но ... от этого не стало легче. Если вакуум — изолятор, то ток через лампу не потечет; если же пустота не оказывает движению зарядов никакого сопротивления, то при присоединении к лампе батареи в цепи должен установиться ток, величина которого определится только э. д. с. батареи и ее внутренним сопротивлением. Другими словами, при присоединении к батарее лампы через нее должен течь ток, равный по величине току короткого замыкания батареи. Если наша батарея — аккумулятор, то в цепи может возникнуть ток в сотни и тысячи ампер.

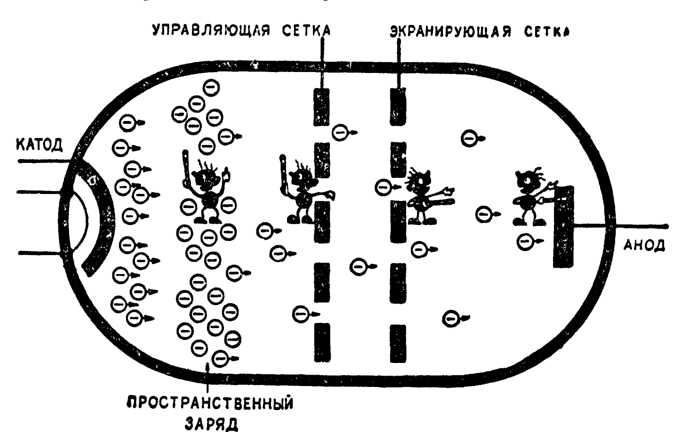
Но мы знаем, что этого не происходит. Анодный ток приемно-усилительных ламп измеряется миллиамперами или десятками миллиампер. Это значит, что в лампе есть не учитываемое нами сопротивление величиной в тысячи или десятки тысяч ом.

Что же это за сопротивление и где оно скрывается?

Внутреннее сопротивление лампы имеет иную природу, нежели сопротивление металлических проводов. Электрическим сопротивлением называется сопротивление среды движению электрических зарядов. Такого сопротивления у лампы нет (мы, разумеется, пренебрегаем сопротивлением штырьков, вводных проводничков, катода и материала анода). Причины, определяющие величину тока в цепи лампы, не имеют ничего общего с тем сопротивлением, которое определяет ток в формуле Ома для токов в проводниках.

Величина тока определяется, как известно, количеством электронов, проходящих в течение секунды через поперечное сечение проводника. В металлических и иных проводниках в образовании тока принимает участие большинство имеющихся в них электронов. Ведь электрический ток возникает в проводнике в результате появления электрического поля, которое воздействует на все без исключения электрические заряды. Поэтому величина тока зависит только от скорости движения электронов: чем интенсивнее поле (определяемое числом вольт на сантиметр), тем быстрее будут двигаться электроны и тем, следовательно, больше их будет проходить в течение секунды через поперечное сечение проводника. Совершенно естественно, что при этом через любое сечение цепи проходит одинаковое количество электронов: ток одинаков в любом участке цепи.

Иначе обстоит дело в цепи электронной лампы. Здесь есть участок — грань между катодом и внутриламповым пространством, через который может пройти только такое ко-



[1] Л. В. Кубаркин и Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

личество электронов, которое определяется эмиссионными способностями катода и его температурой. Если в образовании анодного тока принимают участие все излучаемые катодом электроны, то дальнейшее увеличение анодного тока невозможно. Можно повышать анодное напряжение, но анодный ток от этого не увеличится.

В действительных условиях работы лампы вся эмиссия катода не используется; фактический анодный ток лампы бывает меньше тока эмиссии катода. Излучаемые катодом электроны образуют электронное «облачко», имеющее отрицательный заряд и отталкивающее обратно к катоду те из вылетающих из него электронов, которые обладают малой скоростью. Величина анодного тока зависит от интенсивности этого пространственного заряда; она зависит также от знака и величины напряжения на управляющей сетке и других сетках лампы. Увеличивая отрицательное напряжение на управляющей сетке, мы тем самым уменьшаем анодный ток. Внешне это воспринимается как увеличение сопротивления лампы.

Таким образом, у электронной лампы нет сопротивления в обычном понимании этого слова, сопротивления, обусловливаемого физическими свойствами проводника электрического тока. Наибольшая величина анодного тока определяется эмиссией катода, а в пределах, ограниченных эмиссией катода, величина тока определяется рядом причин: конструкцией лампы, напряжением на ее электродах и пр.

ТЕТРОДЫ И ПЕНТОДЫ[1]

Введение в лампу сетки придало ей чудесное свойство усилителя, практически не имеющего инерции. Электроны так малы и скорость их полета в лампе столь велика, что лампа практически мгновенно реагирует на все изменения напряжения на ее сетке. Лишь в самое последнее время в связи с применением сверхвысоких частот (например, в радиолокационной аппаратуре) скорости полета электронов в лампе стали недостаточными, что заставило конструировать новые специальные типы электронных приборов.

Но не только это обстоятельство привело к необходимости изменять конструкцию ламп. У трехэлектродной лампы есть ряд недостатков, которые можно преодолеть только введением в нее дополнительных электродов, главным образом дополнительных сеток.

Сначала казалось, что при помощи трехэлектродных ламп можно получить усиление любой величины. Если недостаточно усиление, даваемое одной лампой, то можно применить две, три, пять и т. д. ламп и, в конце концов, получить нужное усиление. Казалось также возможным увеличивать усиления одной лампы путем усовершенствования ее конструкции, например, при увеличении густоты сетки коэффициент усиления возрастет.

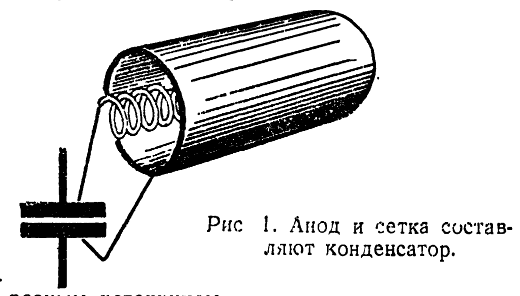


Рис. 1. Анод и сетка составляют конденсатор.

[1] По разным источникам.

Однако вскоре накопленный опыт конструирования и эксплуатации трехэлектродных ламп показал, что возможности этой лампы ограничены. Предел повышению коэффициента усиления лампы вызывается рядом причин. Например, устройство чрезмерно густой сетки недопустимо, так как тогда анодный ток становится малым и сильно возрастает бесполезный и даже вредный сеточный ток. Возможность применения многих ламп для последовательного усиления сигнала ограничивается опасностью возникновения собственных колебаний вследствие наличия у лампы междуэлектронных емкостей. С последним фактором надо познакомиться поближе, так как междуэлектронные емкости ламп играют огромную роль в работе радиоаппаратуры.

Два любых проводника, помещенных на некотором расстоянии один от другого, обладают определенной взаимной емкостью. Емкость эта зависит от размеров проводников и расстояния между ними.

Анод и сетка лампы являются проводниками, находящимися очень близко друг от друга. Поэтому между анодом и сеткой лампы существует определенная емкость, носящая название междуэлектродной емкости (рис. 1). Именно это обстоятельство и не дает возможности получить при использовании трехэлектродных ламп большое усиление.

Объясняется это следующим образом.

Любая емкость способна проводить переменный ток, притом тем лучше, чем больше величина емкости и чем выше частота переменного тока. Поэтому пространство анод — сетка лампы не является для переменного тока непреодолимой преградой. Междуэлектродная емкость как бы «связывает» анодную цепь лампы с ее сеточной цепью (рис. 2). Пе-

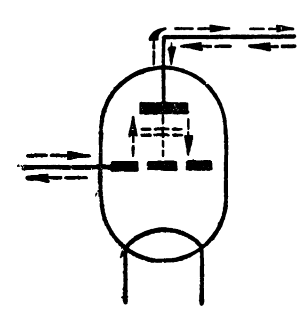


Рис. 2. Анодная и сеточная цепи лампы оказываются связанными для переменных токов через междуэлектродную емкость.

ременные напряжения, действующие в анодной цепи, через междуэлектродную емкость воздействуют на сеточную цепь и создают в ней некоторое напряжение, которое вновь воздействует на анодный ток.

Это явление носит название *обратной связи*. Обратная связь широко используется в радиотехнике. Для генерирования высокочастотных токов на передающих радиостанциях служат ламповые генераторы с обратной связью. В каждом супергетеродинном приемнике имеется гетеродин, который также представляет собой генератор с обратной связью; обратная связь применяется в регенеративных приемниках для усиления принимаемых сигналов.

Но обратная связь полезна только тогда, когда она контролируется, когда она возникает там, где это нужно, и ее величина может по желанию регулироваться. Если же обратная связь возникает самопроизвольно, то она нарушает нормальную работу радиоаппаратуры и может вызвать появление генерации колебаний, которая порождает свист и вой, приводит к сильному искажению сигналов. Такая самопроизвольно возникшая неконтролируемая обратная связь называется *паразитной*.

Междуэлектродные емкости трехэлектродных ламп способствуют возникновению паразитных обратных связей. При малом усилении действие их незаметно, но при большом усилении паразитные обратные связи приводят к возникновению собственных колебаний. Поэтому междуэлектродные емкости делают невозможным получение больших усилений. Для усилителей с большим коэффициентом усиления нужны лампы, в которых была бы устранена или по крайней мере значительно уменьшена междуэлектродная емкость.

Тетрод. Задача эта была решена. В пространство между управляющей сеткой лампы и ее анодом была введена дополнительная сетка, которая в схеме соединяется через конденсатор с катодом лампы и экранирует сетку от анода. Величина междуэлектродной емкости при этом снижается в сотни и даже в тысячи раз. В качестве примера можно указать, что величина емкости анод—сетка у триодов составляет не менее 2—3 *пф*, а в лампах с до-

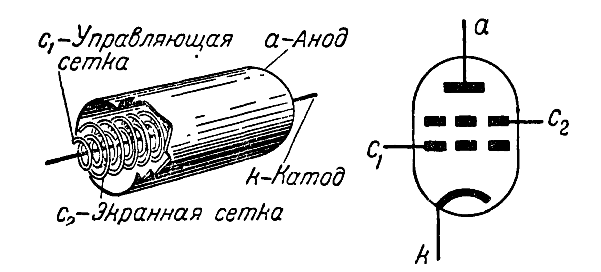


Рис. 3. Устройство тетрода и его условное обозначение

полнительной сеткой она снижается до 0,01 *пф*.

Дополнительная сетка, введенная в пространство между анодом и основной сеткой лампы, получила название *экранирующей* или *экранной* сетки, а лампа с такой сеткой называется *экранированной лампой* (рис. 3). Основную сетку лампы в отличие от экранной сетки стали называть *управляющей* или *сигнальной*, так как к ней подводится напряжение приходящего сигнала и она управляет анодным током.

Экранированная лампа состоит, таким образом, из четырех электродов: катода, управляющей сетки, экранной сетки и анода; поэтому она получила название *четырехэлектродной лампы* или *тетрода* (от греческого слова — четыре).

Экранная сетка не только уменьшает паразитную емкость, но и позволяет также увеличить коэффициент усиления лампы. Если коэффициент усиления триодов не превышает 100 (обычно он лежит в пределах от 10 до 30), то у экранированных ламп он измеряется многими сотнями. Все это приводит к тому, что экранированная лампа может дать значительно большее усиление по сравнению с триодом и позволяет строить усилители с бо́льшим общим коэффициентом усиления.

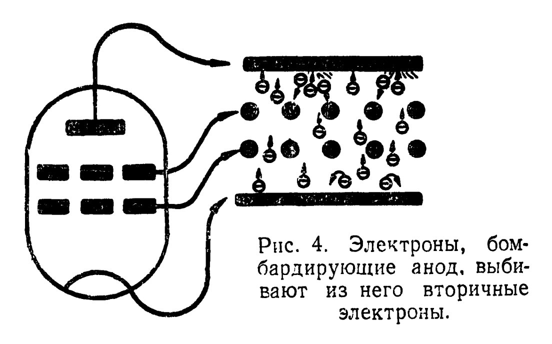
Применение тетродов позволило повысить качество радиоаппаратуры.

Однако изучение тетродов и особенностей аппаратуры, работающей на таких лампах, вскоре показало, что у экранированных ламп наряду со многими достоинствами есть один очень крупный недостаток — склонность к так называемому *динатронному эффекту*.

Что же представляет собой динатронный эффект?

Читатели уже знают, что электроны в пространстве между катодом и анодом несутся с очень большой скоростью. Скорость, с которой они достигают анода, измеряется тысячами километров в секунду.

В результате электронной бомбардировки из поверхности анода выбиваются электроны, получившие название *вторичных* в отличие от


Рис. 4. Электроны, бомбардирующие анод, выбивают из него вторичные электроны.

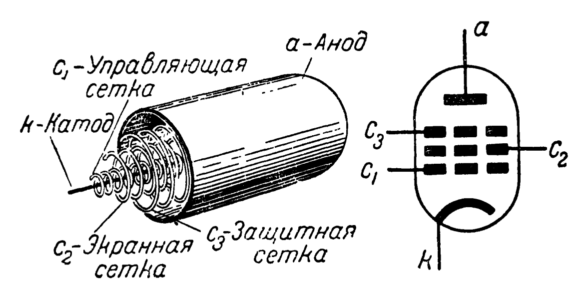


Рис. 5. Устройство пентода и его условное обозначение.

первичных электронов, составляющих основной анодный ток лампы (рис. 4). Вторичные электроны, с силой выбитые из анода, приобретают известную скорость и вследствие этого могут отлетать на некоторое расстояние от анода.

Электрон, несущий отрицательный электрический заряд, находясь в пространстве между анодом и экранной сеткой, будет испытывать притяжение к тому из этих электродов, напряжение которого выше. Поэтому если напряжение на экранной сетке оказывается выше, чем напряжение на аноде, то вторичные электроны будут притягиваться экранной сеткой. Но летящие электроны представляют собой электрический ток. Если выбитые из анода вторичные электроны летят к экранной сетке, то в пространстве между анодом и экранной сеткой установится ток, направление которого обратно направлению основного анодного тока, вследствие чего величина общего анодного тока уменьшается.

Это явление и называют динатронным эффектом. Оно приводит к сильным искажениям и значительно ограничивает возможность использования усилительных свойств лампы.

Динатронный эффект, как указывалось, возникает тогда, когда напряжение на аноде ниже напряжения на экранной сетке. При работе лампы это может иметь место. Хотя на экранную сетку обычно подается несколько меньшее постоянное напряжение, чем на анод, мгновенное значение напряжения на аноде в некоторые моменты работы лампы может оказаться ниже, чем напряжение на экранной сетке. В самом деле, переменное напряжение на управляющей сетке вызывает на сопротивлении анодной нагрузки лампы значительно большее переменное напряжение. Это переменное напряжение во время своего отрицательного полупериода уменьшает величину анодного напряжения. Поэтому при сильных колебаниях напряжение на аноде в некоторой части периода может оказаться ниже напряжения на экранной сетке, что приводит к возникновению динатронного эффекта. Экранированные лампы могут хорошо работать при условии, что к их управляющей сетке подводятся небольшие напряжения.

Пентод. Способ устранения неприятных последствий динатронного эффекта очевиден: надо не пускать вторичные электроны приближаться к экранной сетке. Осуществить это можно введением в лампу еще одной — третьей по счету — сетки.

Третья сетка располагается между анодом и экранной сеткой и соединяется с катодом. Поскольку отрицательный полюс источника анодного напряжения соединен с катодом, третья сетка оказывается заряженной отрицательно относительно анода. Поэтому выбитые из анода вторичные электроны будут отталкиваться этой сеткой обратно к аноду. В то же время, будучи достаточно редкой, эта сетка не препятствует электронам основного анодного тока лететь к аноду.

Третья сетка защищает лампу от возникновения динатронного эффекта и поэтому называется *защитной* или *противодинатронной*. Иногда ее называют *пентодной сеткой*. Происхождение этого название следующее. Лампы с тремя сетками имеют всего пять электродов (катод, анод и три сетки); такие лампы называют пентодами (от греческого слова «пента» — пять) (рис. 5).

Соединение защитной сетки с катодом очень часто производится внутри лампы, и эта сетка, таким образом, не имеет самостоятельного вывода из баллона. В лампах некоторых типов защитная сетка имеет вывод наружу и ее соединение с катодом осуществляется вне баллона путем соединения соответствующих гнезд ламповой панельки.

Роль защитной сетки не ограничивается предотвращением последствий динатронного эффекта. Ее присутствие отражается на всей работе лампы примерно так же, как и присутствие экранной сетки.

Защитная сетка, находясь между управляющей сеткой и анодом, как и экранная сетка, служит экраном между ними и способствует еще большему уменьшению емкости между этими электродами. Поэтому емкость

между анодом и управляющей сеткой у пентодов еще меньше, чем у тетродов.

Защитная сетка, как и экранная, ослабляет действие анода на поток электронов по сравнению с действием управляющей сетки, поэтому коэффициент усиления пентодов больше, чем коэффициент усиления тетродов.

У современных высокочастотных пентодов коэффициент усиления доходит до нескольких тысяч (у триодов же, как мы видели, он не бывает больше 100), а емкость управляющая сетка — анод измеряется тысячными долями пикофарады (у триодов — несколько пикофарад).

Благодаря большому коэффициенту усиления и малой междуэлектродной емкости пентод является прекрасной лампой для усиления колебаний высокой частоты. Но пентоды могут с большим успехом применяться и для усиления низкой (звуковой) частоты. Использование для этой цели экранированных ламп, т. е. тетродов, не представлялось возможным. При усилении низкой частоты к управляющим сеткам ламп подводятся значительно бо́льшие переменные напряжения, чем при усилении высокой частоты; вследствие этого получаются большими и колебания напряжения на аноде, что приводит в тетродах к возникновению динатронного эффекта со всеми его неприятными последствиями. В пентодах динатронный эффект, как мы знаем, не возникает, поэтому их хорошие качества можно использовать и для усиления низкой частоты, в частности для оконечного усиления.

Конструктивно низкочастотные пентоды несколько отличаются от высокочастотных. Для усиления низкой частоты не нужны слишком большие коэффициенты усиления, но зато необходимо иметь большой запас прямолинейного участка характеристики, потому что усиливать приходится большие напряжения. Для этого у низкочастотных пентодов делают сравнительно редкие экранирующие сетки. При таких экранных сетках коэффициент усиления не получается очень большим (в десятки раз меньше, чем у высокочастотных пентодов), а вся характеристика сдвигается влево, поэтому большой ее участок становится пригодным для использования.

Но конструктивное изменение высокочастотных пентодов для использования их в качестве усилителей низкой частоты не ограничивается разрежением экранной сетки. Низкочастотные пентоды должны отдавать большую мощность; для этого требуются большие колебания анодного тока, а так как источником анодного тока является катод, то он у низкочастотных пентодов должен давать большую эмиссию, для чего его поверхность приходится увеличивать. Увеличивать приходится и аноды. При большом анодном токе аноды подвергаются сильной электронной бомбардировке, что приводит к их нагреванию, так как на аноде выделяется или, как говорят, рассеивается большая мощность. Рассеиваемая на аноде мощность тем больше, чем больше электронов в потоке и чем выше их скорость, т. е., иначе говоря, чем больше анодный ток и выше анодное напряжение. Тонкие, небольшие по размерам аноды при сильном анодном токе могут раскалиться и даже расплавиться. Чтобы этого не произошло, аноды низкочастотных ламп делают большими и массивными; их часто чернят, так как черные тела лучше излучают тепло и, следовательно, лучше самоохлаждаются, иначе к анодам приваривают специальные охлаждающие ребра.

Следует отметить, что удается конструировать мощные низкочастотные лампы и без защитной сетки. Витки экранных сеток в таких тетродах располагают точно за соответствующими витками управляющих сеток. При подобном устройстве сеток электроны, летящие к аноду, будут в гораздо меньших количествах попадать на витки экранных сеток, заслоненные витками управляющих сеток. Электронный поток при этом рассекается на отдельные пучки или лучи. Формированию лучей способствуют специальные пластины — экраны, соединенные с катодом и ограничивающие электронный поток с боков. Расслаивание электронного потока в таких тетродах на отдельные лучи и дало основание назвать их лучевыми тетродами. При такой конструкции лампы удается устранить динатронный эффект, относя анод на точно рассчитанное расстояние от катода и других сеток. Благодаря этому выбитые из анода вторичные электроны не могут долететь до экранной сетки и притягиваются обратно анодом, не нарушая работы лампы.

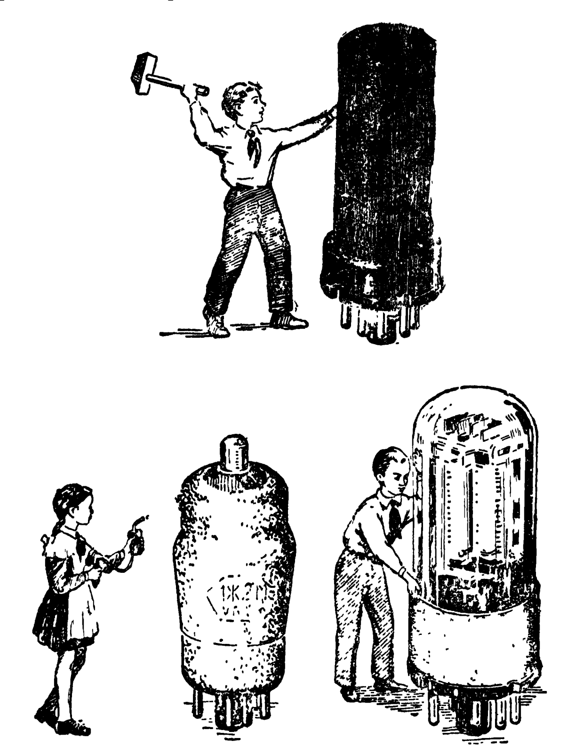
У лучевых ламп удается создать очень выгодную форму характеристики, позволяющую получить большую выходную мощность при небольшом напряжении сигнала на сетке.

Высокочастотные и низкочастотные пентоды, а также лучевые тетроды чрезвычайно широко распространены. У нас наиболее известными высокочастотными пентодами из ламп прежних выпусков являются 2К2М, 2Ж2М, 6К7, 6Ж4, а из более новых — 1К1П, 1К2П, 6К4П; из низкочастотных пентодов прежних выпусков — 6Ф6С, а из лучевых тетродов — 2П1П, 2П2П, 6П3С, 6П6С, 6П1П, 6П9, 6П14П.

КОНСТРУКЦИИ РАДИОЛАМП[1]

Электронные лампы применяются в самой разнообразной аппаратуре: в радиоприемниках, радиопередатчиках, усилителях, измерительных приборах и т. п. Принципы работы ламп во всех случаях остаются одними и теми же, но в зависимости от назначения ламп их конструкции соответственно изменяются. Например, для аппаратуры малой мощности, такой, как радиоприемник, лампы стараются делать возможно меньшего размера. Их часто называют *приемно-усилительными лампами.* Для мощной трансляционной аппаратуры и для радиопередатчиков применяются лампы значительно бо́льших размеров, развивающие в анодной цепи гораздо бо́льшую мощность.

За время существования радиоламп их конструкции претерпели серьезные изменения. Первые образцы приемно-усилительных ламп отличались довольно значительными размерами и потребляли очень большой ток накала. По мере совершенствования конструкции и технологии производства размеры лампы уменьшались, лампы становились более прочными, экономичными, их качество улучшалось. Приемно-усилительные лампы наших дней по своей конструкции очень мало похожи на первые радиолампы, хотя основные принципы их работы не изменились.



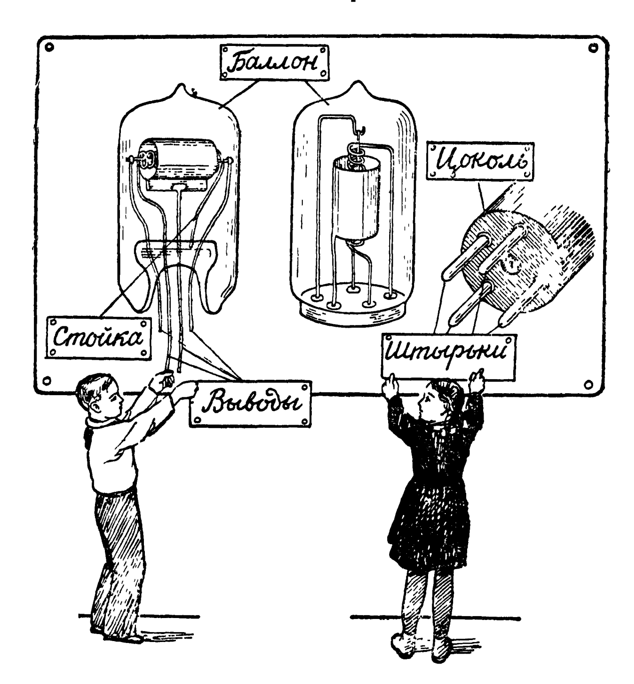
Мы познакомимся вкратце с конструкциями приемно-усилительных электронных ламп как наиболее известных и распространенных.

Каждая лампа должна иметь *баллон,* внутри которого в безвоздушном пространстве находятся электроды, имеющие выводы наружу для подводки питания и соединения со схемой.

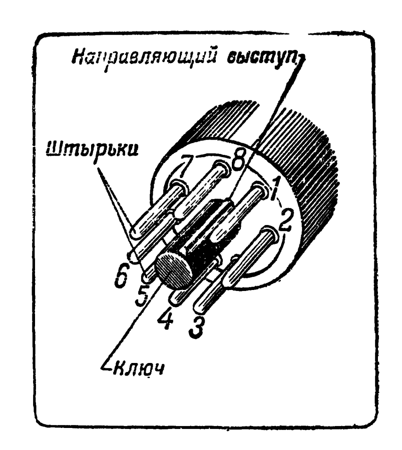
Баллоны ламп обычно делают либо из стекла, либо из стали. Электроды крепятся при помощи металлических стоек к стеклянной ножке в нижней части баллона. Кроме того, вверху они поддерживаются обычно при помощи слюдяных изолирующих шайб, упирающихся своими краями в стенки баллона. Это обеспечивает весьма прочное и жесткое крепление электродов и невозможность их вибрации и смещения относительно друг друга при тряске и ударах. Такая жесткость конструкции является непременным условием хорошего качества ламп, так как от взаимного расположения электродов и от расстояния между ними зависят параметры лампы.

От каждого электрода наружу делается вывод. Обычно для выводов используют металлические стойки, крепящие электроды. Выводы проходят сквозь стекло и завариваются в нем так, чтобы проникновение воздуха внутрь баллона было невозможно.

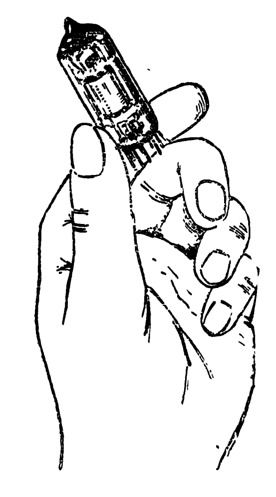
Для крепления ламп в аппаратуре и соединения ламповых электродов со схемой и источниками питания лампы снабжаются *цоколями* из изоляционных материалов с металличе-

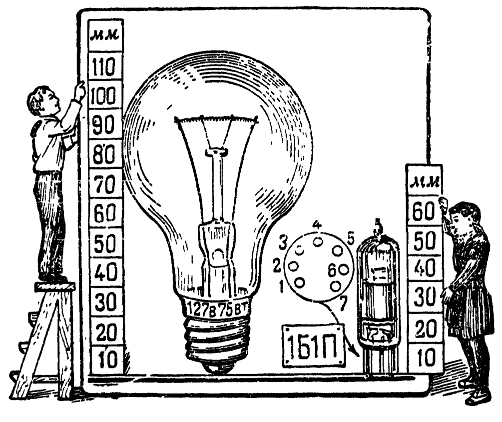


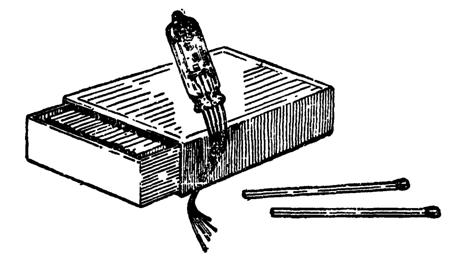
[1] Е. А. Левитин, Электронные лампы (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.











скими ножками — штырьками. К каждому из штырьков присоединяется вывод одного из электродов лампы, а штырьки вставляются в гнезда *ламповой панельки,* к которым подводятся соответствующие провода.

Цоколь должен быть сконструирован так, чтобы лампу нельзя было вставить в панельку неправильно. Для того чтобы обеспечить правильность вставления штырьков лампы в панельку, применяют два способа. Первый из них состоит в несимметричном расположении штырьков. Второй способ состоит в устройстве на цоколе специального *направляющего ключа.*

Оба эти способа достаточно гарантируют от неправильного вставления лампы в панельку, но второй из них удобнее. Объясняется это тем, что при несимметричном расположении штырьков лампу очень трудно вставить в панельку, не глядя. В то же время при установке ламп в аппаратуру часто бывает трудно рассмотреть ламповую панельку. Направляющие ключи очень облегчают такую работу. Ключ цоколя устанавливается в отверстие панельки, и лампу вращают рукой до тех пор, пока выступ ключа не совпадает с пазом в панельке, после чего штырьки ламп легко входят в свои гнезда.

Наибольшее распространение в прошлые годы получили лампы с восьмиштырьковым цоколем. Восемь штырьков этого цоколя расположены на равных расстояниях по окружности, а в центре находится ключ-ножка из пластмассы с выступом с одной стороны.

Электроды ламп одного и того же типа всегда совершенно одинаково соединяются со штырьками на цоколе. Порядок соединения электродов лампы со штырьками называют *цоколевкой.* В описаниях ламп. обязательно указывается их цоколевка. По установившемуся обычаю цоколевка на чертежах показывается так, как она выглядит, если смотреть на лампу со стороны цоколя, т. е. снизу.

В последнее время все большее распространение получают очень небольшие по размерам лампы «пальчикового» типа, имеющие такие же, а иногда и значительно лучшие параметры, чем намного превышающие их по размерам лампы прежних типов.

Современные приемно-усилительные лампы выпускаются почти исключительно пальчикового типа. У этих новых ламп совсем нет отдельных цоколей. Внутренняя арматура и выводы у всех электродов укреплены непосредственно на плоском стеклянном дне лампы и выходят наружу в виде тонких, но прочных штырьков.

Малые размеры пальчиковых ламп не позволяют делать на цоколе направляющий

ключ. Поэтому у этих ламп применено несимметричное расположение штырьков.

Но и пальчиковые лампы не являются пределом возможного уменьшения величины ламп. Есть сверхминиатюрные лампы, которые в несколько раз меньше пальчиковых. Их диаметр не превышает толщину карандаша. У такой лампы уже нельзя сделать цоколь со штырьками. Ее выводы осуществляются мягкими проводниками, которые просто припаиваются к соответствующим точкам схемы аппаратуры. Применение таких сверхминиатюрных ламп дает возможность строить чрезвычайно компактную и легкую радиоаппаратуру. Лампы в такой аппаратуре по своим размерам и способу монтажа не отличаются существенно, например, от постоянных конденсаторов малой емкости и сопротивлений.

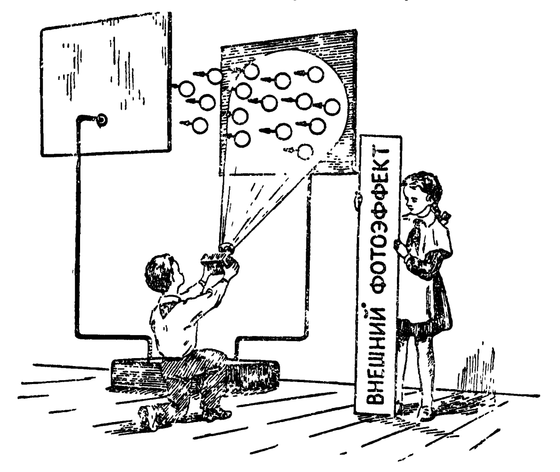
Полную противоположность таким миниатюрным лампам с точки зрения размеров представляют мощные лампы, применяемые на крупных радиотрансляционных узлах и на радиопередающих станциях. Катоды этих ламп должны обеспечивать чрезвычайно большую эмиссию, измеряемую уже не миллиамперами, а многими амперами. На анодах их рассеивается мощность в десятки киловатт. Все это приводит к тому, что размеры ламп доходят чуть ли не до человеческого роста.

Огромное количество выделяющегося на анодах тепла приводит к необходимости вводить искусственное охлаждение ламп, и поэтому во всем мире в мощных радиопередатчиках применяются лампы с медными анодами и водяным охлаждением, изобретенные в 1923 г. М. А. Бонч-Бруевичем.

ФОТОЭЛЕМЕНТЫ[1]

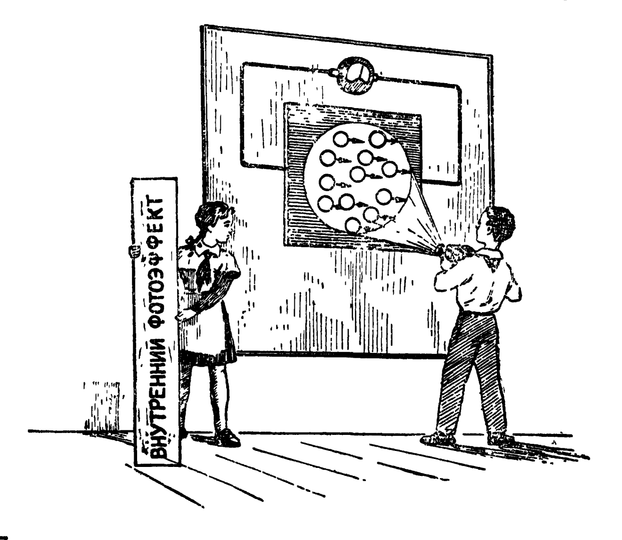
Слово фотоэлемент является общим названием многочисленной группы электронных приборов, так или иначе реагирующих на свет.

У некоторых из этих фотоэлементов свет используется для той же цели, что и нагрев у рассмотренных до этого приборов, т. е. для получения рабочего потока электронов. У таких приборов есть фотокатоды, которые при их освещении начинают испускать электроны, причем количество излучаемых электронов пропорционально интенсивности освещения. Подобные фотоэлементы получили название фотоэлементов с *внешним фотоэффектом* (электроны вылетают из катода во внешнее пространство). Фотоэлементы этого типа находят теперь широчайшее применение. Например, они используются в звуковом кино, где превращают оптическую запись — фонограмму — в электрические колебания соответствующей звуковой частоты.

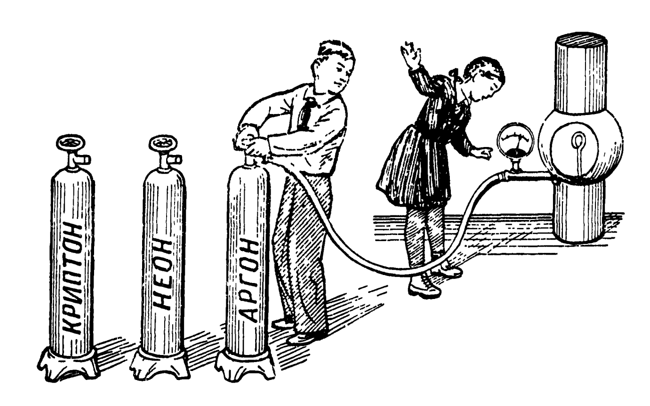


В фотоэлементах другого типа под воздействием освещения не происходит вылета электронов во внешнее пространство. Их освещение приводит лишь к тому, что некоторая часть электронов, ранее связанных с атомами вещества, вырывается из этих связей и получает возможность свободного передвижения внутри вещества, т. е. получает возможность образовывать электрический ток. Поэтому у этих фотоэлементов под воздействием освещения изменяется электропроводимость (изменяется сопротивление электрическому току). Фотоэлементы такого типа получили название фотоэлементов с *внутренним фотоэффектом*, так как «освобожденные» в результате освещения электроны остаются внутри тела. Их называют также фотосопротивлениями. Такие фотоэлементы тоже находят самое широкое применение в технике; в частности, они используются в некоторых телевизионных передающих трубках (видиконах).

Существует группа фотоэлементов с внутренним фотоэффектом, которые в силу некоторых своих особенностей (существования так называемого запирающего слоя) при их освещении становятся источниками электроэнергии. Фотоэлементы этого типа называют вентильными. Такие фотоэлементы (селеновые) работают в общеизвестных фотоэкспонометрах, при помощи которых определяют экспозицию при фотосъемке. Кремниевые фотоэлементы такого же типа известны под названием солнечных батарей. Они применены для питания радио- и электроаппаратуры в третьем советском спутнике и на космических раке-



[1] Е. А. Левитин, Электронные лампы (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.



тах-лунниках и начинают использоваться для питания переносных радиоприемников.

Следует отметить, что термин «освещение» в известной степени условен. Его не нужно понимать как освещение только видимыми световыми лучами. Фотоэлементы реагируют на воздействие и инфракрасными и ультрафиолетовыми лучами.

Здесь мы рассмотрим лишь фотоэлементы первой группы — с внешним фотоэлементом, поскольку остальные фотоэлементы принадлежат к группе полупроводниковых приборов.

Работа фотоэлементов с внешним фотоэффектом основана на использовании фотоэлектронной эмиссии — явления, наблюдающегося у некоторых металлов (излучение электронов под воздействием падающих на них лучей света).

Наиболее распространенным материалом для фотокатодов служит цезий, обычно не в чистом виде, а в соединениях с другими веществами. Чаще других применяются кислородно-цезиевые и сурьмяно-цезиевые катоды.

Основой фотоэлемента служит стеклянный баллон, примерно половина внутренней поверхности которого покрывается светочувствительным слоем и образует фотокатод. Свет или какие-либо невидимые глазом лучи, попадая через прозрачную часть баллона на фотокатод, вырывают из него электроны, количество которых пропорционально интенсивности облучения (при освещении видимыми световыми лучами — пропорционально силе света). Для вывода электронов во внешние цепи служит небольшой анод, обычно кольцеобразной формы, располагающийся в середине баллона. Кольцеобразная форма придается аноду для того, чтобы он не являлся препятствием для лучей, падающих на катод. Между катодом и анодом прикладывается напряжение около 150—250 *в*, в результате действия которого все электроны, вырываемые светом из катода, устремляются к аноду и образуют ток во внешней цепи, соединяющей анод с катодом.

Эмиссия электронов из фотокатодов сравнительно незначительна, поэтому токи, даваемые фотоэлементами, малы. Чтобы несколько увеличить их, в баллоны фотоэлементов иногда вводят некоторое количество какого-нибудь инертного газа, например аргона. Такие фотоэлементы носят название *газонаполненных*. Увеличение анодного тока происходит в газонаполненных фотоэлементах вследствие ионизации газа. Вырванные из катода электроны сталкиваются на своем пути к аноду с частицами газа и выбивают из них электроны — один или несколько. Эти электроны, появившиеся в результате ионизации, включаются в общий электронный поток и устремляются к аноду. В то же время положительные ионы (атомы газа), потерявшие часть своих электронов, притягиваются к отрицательно заряженному катоду, ударяются об его поверхность и выбивают из нее еще некоторое количество электронов, которые тоже устремляются к аноду. Оставшиеся свободными электронные орбиты положительных ионов заполняются при этом электронами, но количество выбитых электронов бывает бо́льшим, чем нужно для заполнения пустых орбит у ионов, поэтому электронный поток в таком газонаполненном фотоэлементе при одинаковой интенсивности воздействующего облучения бывает значительно больше, чем в вакуумном. В фотоэлементах, содержащих газ под давлением порядка 10^{-2} *мм рт. ст.*, удается добиться увеличения тока в 5—8 раз по сравнению с вакуумными фотоэлементами.

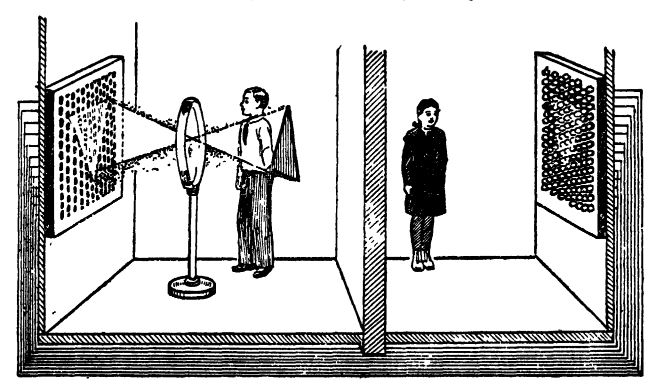
Газонаполненные фотоэлементы легко отличить от вакуумных по букве «Г», имеющейся в их обозначении. Эта буква обозначает «газонаполненный». Так, например, обозначение ЦГ-3 расшифровывается как фотоэлемент цезиевый, газонаполненный, третий тип.

Но и газонаполненные фотоэлементы дают очень небольшие токи, измеряемые микроамперами. Поэтому при их использовании приходится применять ламповые усилители.

Как уже отмечалось, фотоэлементы всех типов и видов находят в современной науке и технике самое широкое и разнообразное применение. В особенности расширились области применения фотоэлементов в последние годы в связи с массовым применением автоматизированных устройств. Существенной частью таких устройств во многих случаях является именно фотоэлемент.

Фотоэлементы позволили осуществить одно из величайших достижений современной техники—телевидение. Однако в телевидении трудно применить фотоэлементы того вида, с которым мы только что познакомились. Любой из тех фотоэлементов, о которых мы говорили, реагирует лишь на общую интенсивность падающего на него светового потока. Катод фотоэлемента представляет собой единое целое. Ток, который дает этот катод, зависит от величины светового потока, падающего на катод. Если, скажем, половину поверхности катода затемнить, но световой поток, падающий на его вторую половину, увеличить вдвое, то ток, даваемый катодом, не изменится. Таким образом, по току катода фотоэлемента нельзя судить о том, как освещены его отдельные участки.

Фотоэлемент регистрирует лишь суммарную освещенность всей поверхности его катода Если бы мы хотели осуществить при помощи фотоэлементов «видящее» устройство, то от каждой отдельной точки изображения надо было бы получать отдельный ток, который не смешивался бы с токами от других точек. Так устроен и наш глаз. Сетчатая оболочка глаза, на которую хрусталиком проектируется изображение, представляет собой собрание миллионов светочувствительных окончаний зрительного нерва, причем от каж-



дого из этих окончаний в мозговые центры идет отдельное нервное волокно, отдельный «провод», по которому передается информация о количестве света, воспринятого данным окончанием.

Первоначальные проекты телевизионных устройств представляли собой в сущности повторение устройства глаза. В них применялось по возможности большое количество фотоэлементов, расположенных на плоскостях в шахматном порядке. На эту плоскость проектировалось передаваемое изображение. Каждый фотоэлемент воспринимал такое количество света, какое соответствовало спроектированной на него части изображения. От всех фотоэлементов шли отдельные провода к усилителям и далее к лампочкам, размещенным в таком же шахматном порядке, как фотоэлементы. Яркость свечения лампочки зависит от количества света, упавшего на соединенный с нею фотоэлемент.

Разумеется, такую систему осуществить нельзя. Если применить незначительное количество фотоэлементов и лампочек, то изображение будет слишком грубым, нечетким. Применить же такое их количество, какое нужно для достаточной четкости передаваемых изображений (несколько сотен тысяч), практически невозможно.

Техника решила эту задачу иначе. Об этом мы узнаем в главе о телевидении.

КАК РАСШИФРОВАТЬ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ

Условные обозначения электровакуумных приборов состоят из букв и чисел.

Первая буква (или две буквы) характеризует тип лампы:

А — частотопреобразовательная лампа с двумя управляющими сетками (например, гептод);

Б — приемно-усилительный пентод с одним или двумя диодами (диод-пентод, двойной диод-пентод) либо стабилизатор тока (бареттер);

Г — приемно-усилительный триод с одним или двумя диодами (диод-триод, двойной диод-триод) или генераторная лампа;

ГМ — генераторная лампа, которая может использоваться и как модуляторная (для радиопередатчика);

ГК — генераторная лампа для коротких, средних или длинных волн (для радиопередатчиков на частоты до 25 *Мгц*);

ГУ — генераторная УКВ лампа (для УКВ радиопередатчиков на частоты 25—600 *Мгц*);

ГС — генераторная УКВ лампа (для радиопередатчиков на частоты свыше 600 *Мгц*);

Д — диод;

Е — индикатор настройки;

Ж — маломощный пентод или лучевой тетрод с короткой характеристикой (для усилителей ВЧ, детектирования и предварительного усиления НЧ);

И — триод-гексод, триод-гептод или триод-октод;

К — маломощный пентод или лучевой тетрод с удлиненной характеристикой (для усилителей ВЧ и ПЧ с автоматической регулировкой усиления);

ЛК — электронно-лучевая приемная телевизионная трубка (кинескоп) с электромагнитным отклонением луча;

ЛМ — электронно-лучевая осциллографическая трубка с электромагнитным отклонением луча;

ЛО — электронно-лучевая или приемная телевизионная осциллографическая трубка (кинескоп) с электростатическим отклонением луча;

Н — приемно-усилительный двойной триод;

П — оконечный (выходной) лучевой тетрод или пентод;

С — приемно-усилительный триод;

СГ — стабилизатор напряжения (стабилитрон);

СТ — стабилизатор тока (бареттер);

Ф — триод-пентод (как исключение 6Ф6С — оконечный пентод);

Х — двойной диод;

Ц — кенотрон;

Э — тетрод.

Число перед буквой (или перед первой группой букв) указывает:

для приемно-усилительных ламп и кенотронов — номинальное напряжение накала (округленно);

для электронно-лучевых трубок с круглым экраном — диаметр экрана в сантиметрах;

для электронно-лучевых трубок с прямоугольным экраном — величину диагонали экрана в сантиметрах;

для стабилизаторов тока (бареттеров) — номинальный ток стабилизации в амперах.

Генераторные лампы и стабилизаторы напряжения числа перед буквенной группой в наименовании не имеют.

Число после первой буквы (или первой группы букв) в наименовании приемно-усилительных, генераторных ламп, кенотронов, электронно-лучевых трубок и стабилизаторов напряжения является порядковым номером типа прибора. В наименовании бареттора после буквы Б имеются два числа, разделенных между собой знаком тире (—), указывающих напряжения начала и конца стабилизации в вольтах.

Буква в конце наименования приемно-усилительной лампы, кенотрона и стабилизатора напряжения указывает на их конструктивное оформление.

А — сверхминиатюрная стеклянная лампа диаметром 6 *мм*;

Б — сверхминиатюрная стеклянная лампа диаметром 10 *мм*;

Д — лампа с дисковыми выводами (для работы на дециметровых и сантиметровых волнах);

Ж — стеклянная лампа типа «желудь»;

К — металлокерамическая лампа;

Л — лампа с замком на ключе;

М — лампа со стеклянным баллоном малогабаритная;

П — пальчиковая лампа (с баллоном диаметром 19 или 22,5 *мм*);

Р — сверхминиатюрная лампа диаметром 4 *мм*;

С — лампа со стеклянным баллоном диаметром свыше 25 *мм* и цоколем.

Металлические приемно-усилительные лампы и стабилизаторы тока (бареттеры) в конце наименования буквы не имеют.

В конце наименований электровакуумных приборов, отличающихся от основных типов дополнительными свойствами, кроме указанных букв добавляются тире и буква: В — для ламп повышенной надежности и прочности; Е — для ламп с повышенным сроком службы; И — для импульсных ламп.

Буква в конце наименования электронно-лучевой трубки указывает на цвет свечения ее экрана: А — синий; Б — белый; Г — фиолетовый.

Приведем примеры условных обозначений:

1А1П — частотопреобразовательная лампа с двумя управляющими сетками, напряжение накала 1,2 *в*, первый тип, пальчиковая;

6К7 — пентод с удлиненной характеристикой, напряжение накала 6,3 *в*, седьмой тип, баллон металлический;

КЛАССЫ УСИЛЕНИЯ[1]

Начинающим изучать радиотехнику, как показывает опыт, иногда трудно выработать четкое представление о режимах усиления. Что такое режим AB_2 и чем он отличается от режима B_2? Существуют ли режимы BC_1, A_2 и C_2? Какой режим усиления наиболее выгоден в мощных оконечных каскадах? А в каскадах предварительного усиления — в усилителях напряжения?

Отчего возникают нелинейные искажения и в каком режиме они будут наименьшими? Что такое отсечка?

На эти и другие вопросы, относящиеся к затрагиваемой теме, в сильно упрощенном виде отвечают помещаемые ниже рисунки с подписями. Эти рисунки помогут запомнить то, что очень часто забывается вскоре после прохождения материала об усилителях низкой частоты на занятиях в радиокружках и при самостоятельном ознакомлении с радиотехникой.

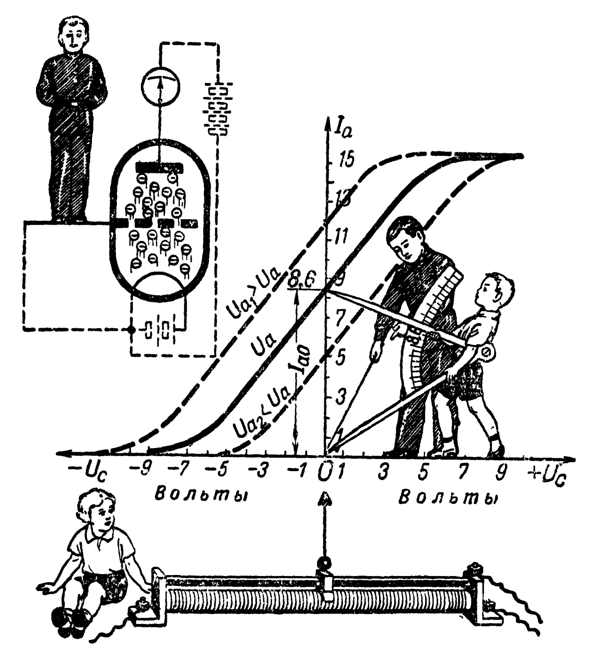


Рис. 1. Отсчет анодного тока, когда сетка не заряжена.

Характеристика лампы графически выражает собой зависимость анодного тока I_a от напряжения на сетке U_c при неизменном постоянном напряжении U_a на аноде. Величины напряжений на сетке (в вольтах) на графике отложены по горизонтальной оси: отрицательные напряжения — влево от нуля, положительные — вправо. Величины анодного тока (в миллиамперах) отложены по вертикальной оси вверх от нуля. Имея перед собой характеристику лампы (рис. 1), можно быстро определить, чему равен анодный ток при любом напряжении на сетке; при $U_c=0$, например, $I_a=I_{a0}=8{,}6$ *ма*. Если нас интересуют значения этого тока при других анодных напряжениях, то вычерчиваем не одну характеристику, а несколько — для каждого значения анодного напряжения отдельно. Характеристика для меньших анодных напряжений будет располагаться правее, а для бо́льших — левее рассмотренной нами характеристики, обозначенной на рис. 1 сплошной жирной линией. Получается семейство характеристик..

Напряжение на сетке делаем положительным: $U_c=+3$ *в*. Что произошло с анодным током? Он увеличился до 12 *ма* (рис. 2).

Положительно заряженная сетка притягивает электроны и тем самым «подталкивает» их к аноду. Чем больше положительное напряжение на сетке, тем больше ее воздействие на поток электронов, что приводит к увеличению анодного тока. Но наступает такой момент, при котором возрастание тока уменьшается, характеристика получает изгиб (верхний) и, наконец, анодный ток почти совершенно перестает возрастать (горизонтальный участок характеристики). Это — насыщение: все электроны, испускаемые накаленным катодом лампы, полностью отбираются от него анодом и сеткой. При данных анодном напряжении и напряжении накала анодный ток лампы не может сделаться больше тока насыщения $I_{нас}$.

Напряжение на сетке делаем отрицательным, переходим в область левее вертикальной

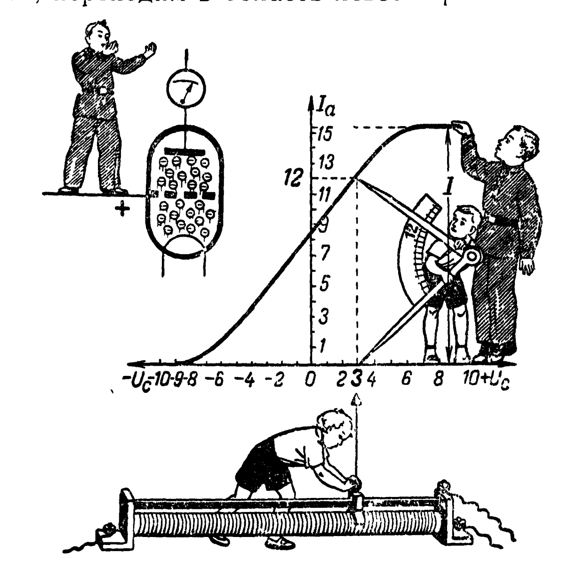


Рис. 2. Отсчет анодного тока, когда сетка имеет положительный заряд.

[1] С. А. Бажанов, Как работает радиолампа (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1947.

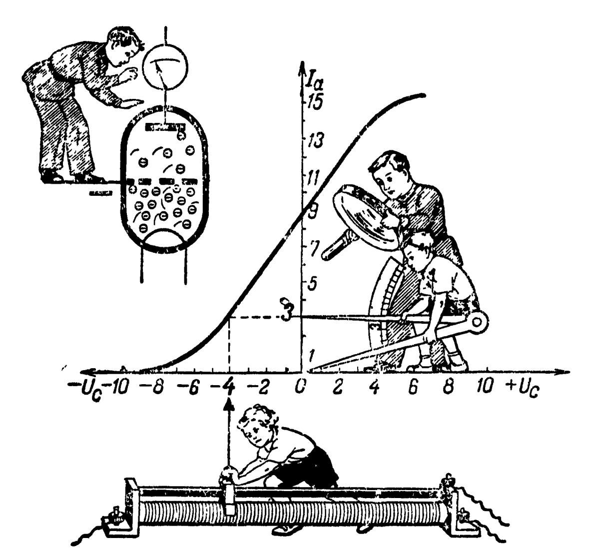


Рис. 3. Отсчет анодного тока, когда сетка имеет небольшой отрицательный заряд.

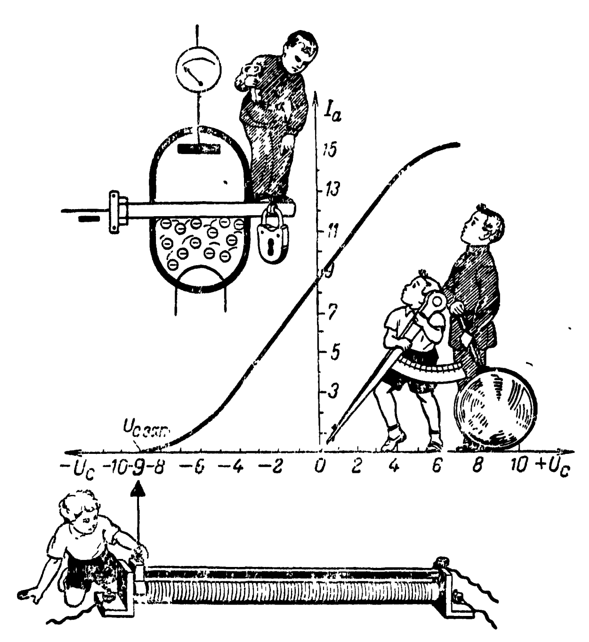


Рис. 4. Лампа „заперта".

оси, в «левую область». Чем больше отрицательное напряжение на сетке, чем дальше влево и меньшим становится анодный ток. При $U_c = -4$ *в* анодный ток уменьшается до $I_a = 3$ *ма* (рис. 3). Объясняется это тем, что отрицательно заряженная сетка отталкивает вылетающие с катода электроны обратно, не пропуская их к аноду. Обратите внимание на то, что в нижней части характеристики также получается изгиб, как и в верхней. Как будет ясно из дальнейшего, наличие изгибов значительно ухудшает работу лампы. Чем прямолинейнее характеристика, тем лучше усилительная лампа.

Сделаем отрицательное напряжение на сетке настолько большим, чтобы сетка отталкивала от себя все электроны обратно к катоду, совершенно не пропуская их к аноду. Поток электронов обрывается, анодный ток делается равным нулю. Лампа «запирается» (рис. 4). Напряжение на сетке, при котором происходит «запирание» лампы, называется *напряжением запирания* (обозначено $U_{с.зап}$).

Для взятой нами характеристики $U_{с.зап} = -9$ *в*. «Отпереть» лампу можно уменьшением отрицательного напряжения на сетке или же увеличением анодного напряжения.

Установив постоянное напряжение на аноде, можно менять анодный ток I_a от нуля ($I_a = 0$) до максимума ($I_a = I_{нас}$) изменением напряжения на сетке в пределах от $U_{с.зап}$ до $U_{с.нас}$ (рис. 5). Так как сетка расположена ближе к катоду, чем анод, достаточно лишь немного изменить сеточное напряжение, чтобы значительно изменить анодный ток. В нашем случае достаточно изменить напряжение

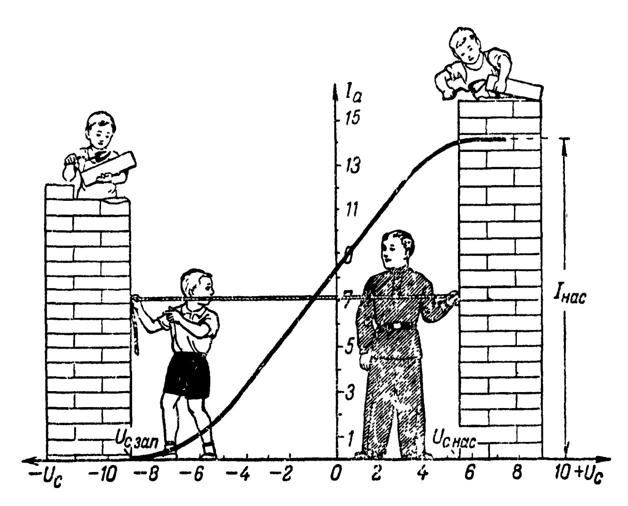


Рис. 5. „Пределы" изменений анодного тока в зависимости от напряжения сетки при заданном напряжении анода.

на сетке всего лишь на 14,5 *в*, чтобы уменьшить анодный ток от максимума до нуля. Воздействие сеточного напряжения на поток электронов — исключительно удобная возможность управления величиной электрического тока, в особенности если учесть, что это воздействие осуществляется почти мгновенно, с очень малой инерцией.

Будем непрерывно менять напряжение на сетке, делая его то положительным, то отрицательным. С этой целью подведем к сетке переменное напряжение с амплитудой U_{mc1},

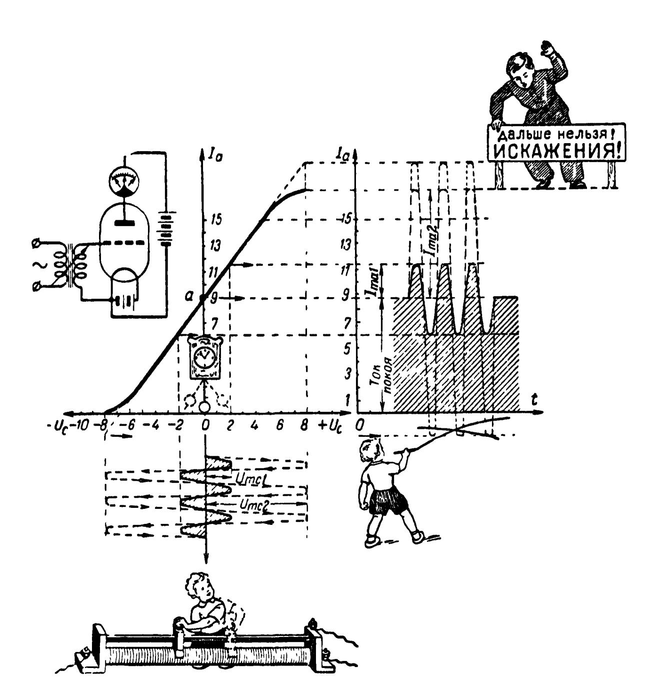
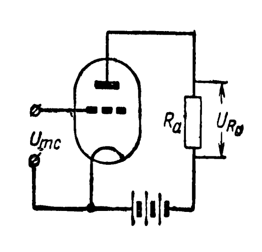


Рис. 6. Переменное напряжение на сетке создает пульсирующий анодный ток.

называемое *напряжением возбуждения лампы.* График этого напряжения (синусоида) нанесен на вертикальной оси времени t, идущей вниз от нуля. Анодный ток будет *пульсировать* — периодически увеличиваться и уменьшаться — с частотой, равной частоте изменения напряжения возбуждения. График пульсаций анодного тока, повторяющий по своей форме график напряжения возбуждения, нанесен вдоль горизонтальной оси времени t вправо от характеристики. Чем больше величина U_{mc1}, тем в бо́льших пределах изменяется анодный ток (сравните на рис. 6 U_{mc1} и I_{ma1} с U_{mc2} и I_{ma2}). Точка *a* на характеристике, соответствующая среднему (нулевому) значению напряжения на сетке и величине тока покоя в анодной цепи, называется *рабочей точкой.*



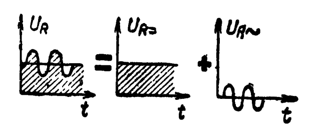


Рис. 7. Схема усиления.

Что произойдет, если в анодную цепь лампы (рис. 7) включить сопротивление R_a? Через него будет проходить анодный ток I_a, вследствие чего на нем получится падение напряжения U_{Ra}, пульсирующее с частотой напряжения возбуждения и повторяющее все изменения тока. Пульсирующее напряжение состоит из двух составляющих: постоянного напряжения $U_{R=}$ и переменного напряжения $U_{R\sim}$ с амплитудой U_{ma}. При правильно выбранной величине R_a амплитуда переменной составляющей анодного напряжения U_{ma} в усилителях напряжения оказывается больше U_{mc}, т. е. осуществляется усиление переменного напряжения. Отношение U_{ma} к U_{mc} называется *коэффициентом усиления схемы.*

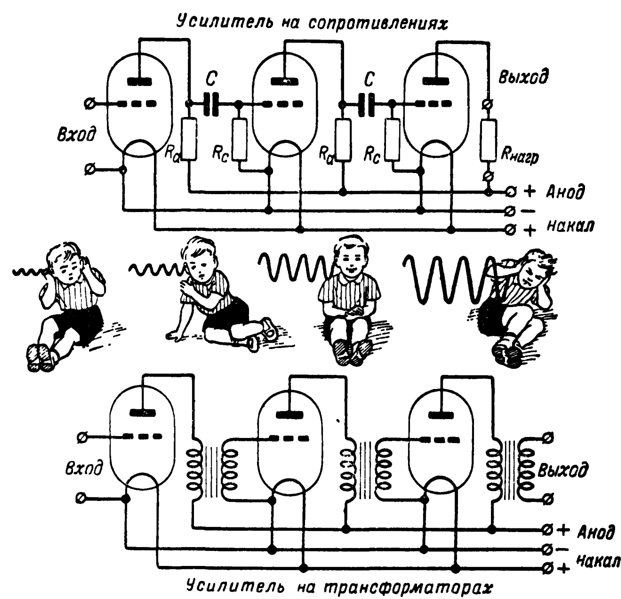


Рис. 8. Упрощенные схемы трехламповых усилителей.

Если усиление, даваемое одной лампой, недостаточно, то усиленное первой лампой напряжение подают ко второй лампе, а от второй — к третьей и т. д. Так осуществляется усиление каскадами. На рис. 8 приведены сильно упрощенные схемы трехламповых усилителей: вверху — схема усилителя на сопротивлениях, внизу — на трансформаторах.

На рис. 9 показана такая же характеристика лампы, как и на рис. 6, только без верхнего и нижнего плавных изгибов. Это — идеализированная характеристика. Сравните рис. 6 и 9, и Вы увидите, к чему приводит наличие изгибов на реальной характеристике. Они вызывают в анодной цепи искажения формы кривой усиленных колебаний, а эти искажения недопустимы, в особенности когда они большие. Громкоговоритель, присоединенный к усилителю, работающему с искажениями, воспроизводит хриплые звуки, речь становится неразборчивой, пение — неестественным и т. п. Такие искажения, обусловленные криволинейностью или, как принято говорить, нелинейностью ламповой характеристики, называются *нелинейными.* Их совершенно не бу-

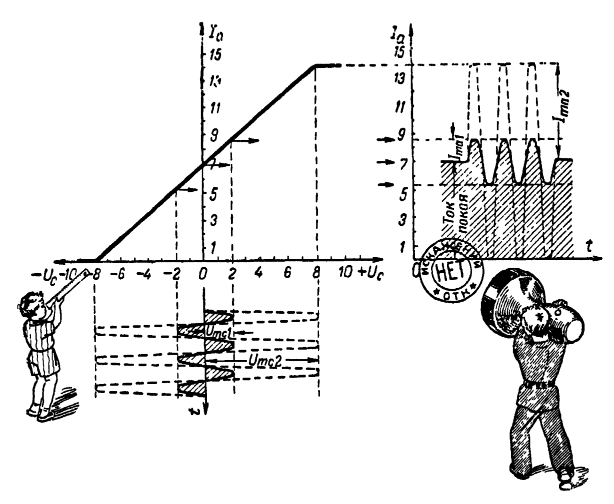


Рис. 9. Характеристика лампы, работающей без искажений.

дет, если характеристика строго линейна: здесь график колебаний анодного тока в точности повторяет график колебаний напряжения на сетке.

Характеристики большинства усилительных ламп в своей средней части прямолинейны. Напрашивается вывод: использовать не всю характеристику лампы вместе с изгибами, а только ее прямолинейный средний участок (рис. 10). Это избавит усиление от нелинейных искажений. Чтобы это осуществить, напряжение на сетке не должно превышать в сторону отрицательных значений $-U_{c1}$, а в сторону положительных значений $+U_{c2}$. Величина анодного тока при этом будет меняться в суженных пределах: не от $I_а=0$ до $I_а=I_{нас}$ (рис. 5), а от I_{a1} до I_{a2} (рис. 10). В этих пределах ламповая характеристика почти совершенно прямолинейна, искажений почти не получится, но зато лампа будет использована не до пределов своих возможностей, ее к. п. д. окажется низким. В тех случаях, когда необходимо получить неискаженное усиление, с этим обстоятельством приходится мириться.

К сожалению, нелинейными искажениями дело не ограничивается. В моменты, когда сетка заряжена положительно, она притягивает к себе электроны, отнимая некоторое их количество от общего потока, направленного к аноду. Благодаря этому в цепи сетки возникает сеточный ток. Этот ток, проходя через внутреннее сопротивление того источника переменного напряжения, которое подается на сетку, создает на этом сопротивлении падение напряжения.

Вследствие этого напряжение на зажимах источника, а значит, и на сетке лампы уменьшается. Такое уменьшение получается тем более резко выраженным, чем больше положительное напряжение на сетке. В результате при положительных импульсах сеточного напряжения импульсы анодного тока будут уменьшенными, т. е. опять появляются искажения формы анодного тока. Избавиться от этих искажений можно: в процессе усиления напряжение на сетке никогда не должно быть положительным, и даже лучше, если оно вообще немного не доходит до нуля (рис. 11). Его надо всегда поддерживать отрицательным, и тогда сеточного тока совершенно не будет. Это требование ведет к еще большему сокращению длины используемой части характеристики: правее линии *ВГ* — токи сетки, левее линии *АБ* — нелинейные искажения. Остается только небольшой участок характеристик, при использовании которого можно полностью избавиться от искажений в лампе; к. п. д. при этом становится еще меньше.

Но как использовать этот участок? Если к сетке подвести лишь напряжение возбуждения с амплитудой U_{mc}, как на рис. 7 и 9, то

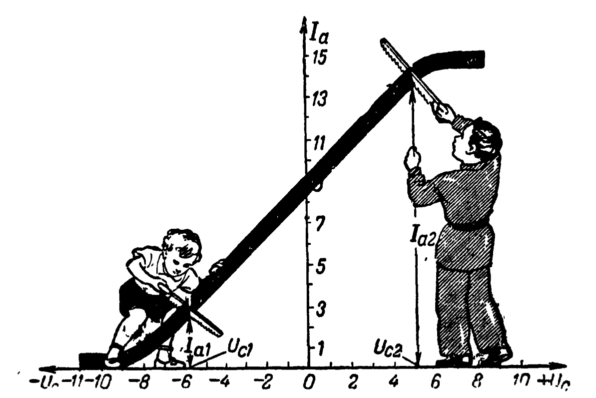


Рис. 10. Как устранить искажения при усилении.

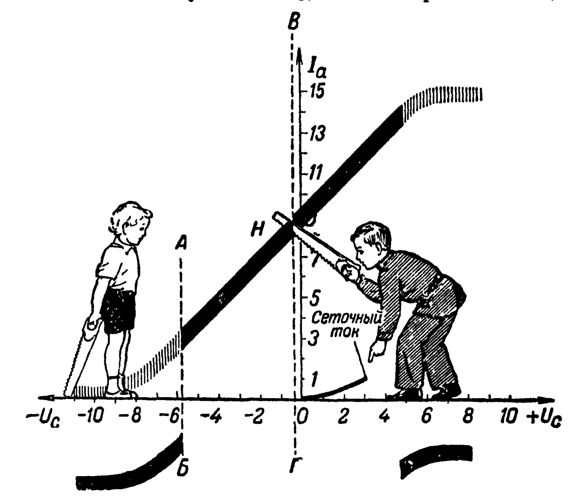


Рис. 11. Как устранить искажения, вносимые наличием сеточного тока.

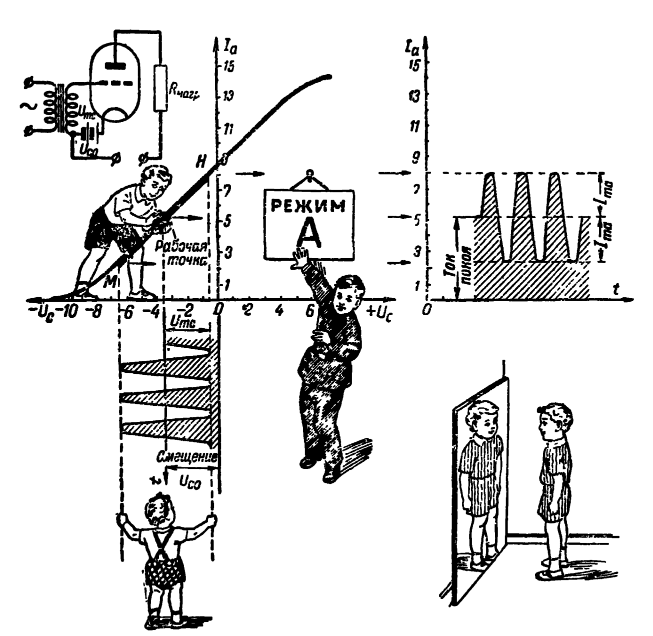


Рис. 12. Работа лампы в режиме класса А.

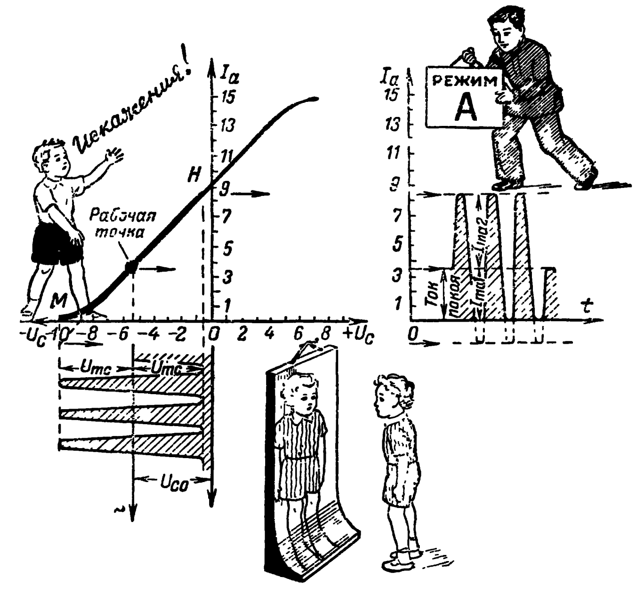


Рис. 13. Работа лампы в режиме класса А с использованием нижнего изгиба характеристики.

неизбежен заход в правую область, в область сеточных токов. Подведем сначала к сетке постоянное отрицательное напряжение U_{c0} такой величины, чтобы рабочая точка сместилась влево по характеристике и оказалась как раз посредине участка *MH* (рис. 12). Затем подадим к сетке напряжение возбуждения с амплитудой U_{mc}. Заход в правую область будет устранен, если величина U_{mc} не превысит U_{c0}, т. е. если $U_{mc}<U_{c0}$. Работая при таких условиях, лампа не будет вносить искажений. Этот режим работы лампы получил название *режима класса А* или, короче, *режима А*. Батарея, напряжение которой смещает по характеристике рабочую точку *а*, называется *батареей смещения*, а ее напряжение U_{c0} — напряжением смещения.

Среди других режимов низкочастотного усиления режим А — самый неэкономичный: у него только в отдельных случаях к. п. д. достигает 30—35%, а вообще он бывает 15—20%. Но этот режим — самый «чистый» режим, с наименьшими искажениями. Его применяют довольно часто, причем главным образом в маломощных усилительных каскадах (до 5—10 *вт*), в которых к. п. д. не имеет особо важного значения. У усилительных ламп с круто обрывающейся характеристикой нижний изгиб сравнительно короткий. Пренебрегая внесением незначительных нелинейных искажений, необнаруживаемых при прослушивании звуковой программы, можно допустить более экономичное использование лампы и включить нижний изгиб в рабочий участок MH характеристики (рис. 13). Такой режим лампы еще сохраняет название режима А.

В учебниках встречается такое определение усиления режима А: это режим, при котором лампа работает без отсечки анодного тока. На рис. 14 показано, что такое *отсечка*. Амплитуда напряжения возбуждения U_{mc} настолько велика, что в течение некоторой части периода изменения этого напряжения лампа совершенно «запирается», ток через лампу прекращается. Нижние части синусоиды пульсаций анодного тока не воспроизводятся и как бы отсекаются — отсюда и название «отсечка». Отсечка может быть не только снизу,

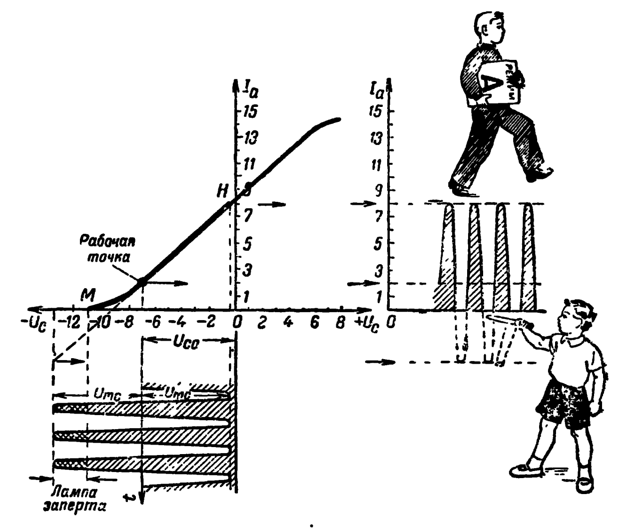


Рис. 14. Лампа работает с отсечкой.

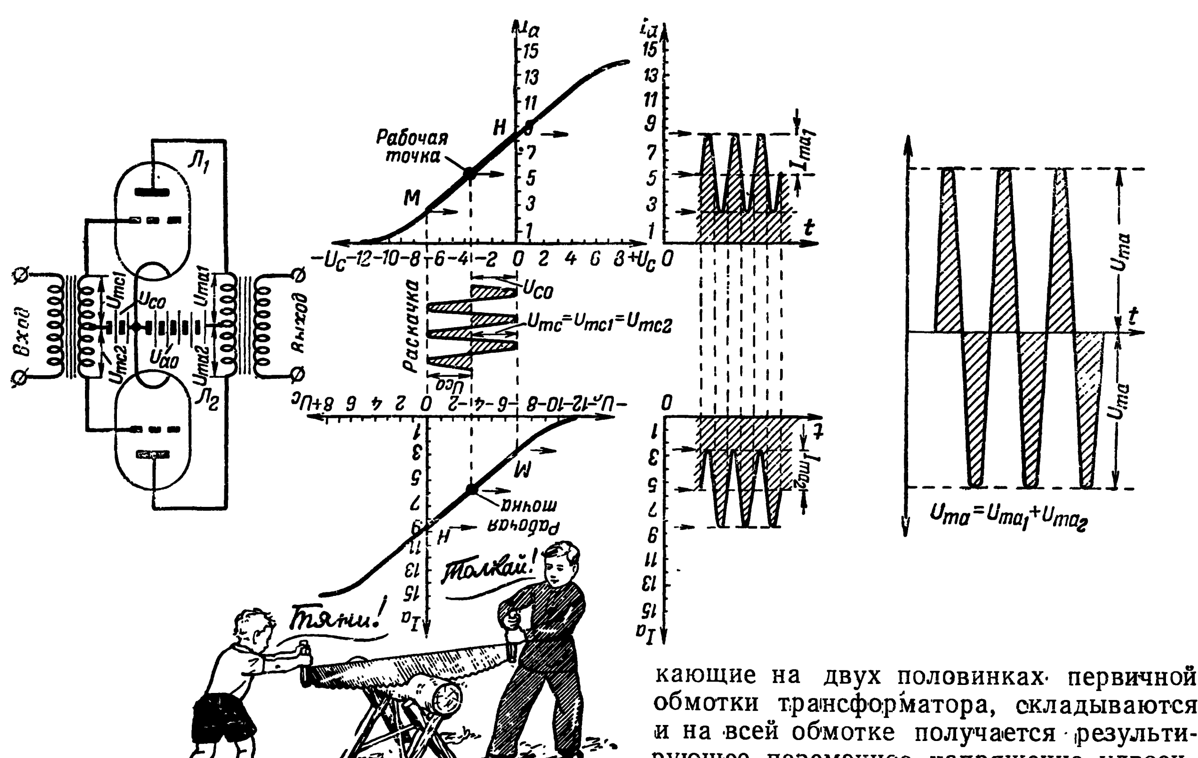


Рис. 15. Как работает двухтактная схема.

но и сверху («верхняя отсечка», см. рис. 21), когда наибольшее значение анодного тока должно было бы превысить ток насыщения лампы.

Итак, режим А — режим усиления без отсечки. Руководствуясь этим определением, мы можем отнести к этому режиму процессы, графически представленные на рис. 6 (при U_{mc2}), 9 (то же при U_{mc}), 11 и 13. Но если считать, что режим А — режим без искажений, то такому условию удовлетворяет в полной мере лишь процесс, представленный на рис. 12.

Широкое распространение получила двухтактная схема усилителя, работающего в режиме А. В этой схеме использована не одна, а две одинаковые лампы. Напряжение возбуждения подается так, что когда одна сетка заряжается положительно, другая заряжается отрицательно. Благодаря этому возрастание анодного тока одной лампы сопровождается одновременным уменьшением тока другой лампы. Это гораздо легче представить себе, если одну характеристику расположить в перевернутом виде под другой: сразу становится понятным, как напряжение U_{mc} («раскачка») действует на токи в лампах (рис. 15). В результате переменные напряжения, возникающие на двух половинках первичной обмотки трансформатора, складываются и на всей обмотке получается результирующее переменное напряжение удвоенной величины, т. е.

$$U_{ma} = U_{ma1} + U_{ma2}.$$

Двухтактная схема работает более экономично и с меньшими нелинейными искажениями, чем однотактная. Чаще всего эта схема применяется в оконечных (выходных) каскадах усилителей средней и большой мощности.

Рассмотрим такой случай: на сетку лампы подано напряжение смещения $U_{c0} = U_{c.зап}$. Тем самым рабочая точка смещена на самый низ характеристики. Лампа «заперта», ее анодный ток в момент покоя равен нулю. Если в таких условиях к лампе подвести напряжение возбуждения с амплитудой U_{mc}, то в анодной цепи появятся импульсы тока в форме «половинок периодов» с максимальным значением $I_{а.макс}$. Иначе говоря, кривая усиливаемых колебаний исказится до неузнаваемости: срежется вся ее нижняя половина (рис. 16). Такой режим может показаться совершенно непригодным для низкочастотного усиления слишком уж велики искажения. Но подождем делать этот вывод о непригодности.

Спрямим у характеристики (рис. 16) нижний изгиб, превратим реальную характеристику в идеализированную, совершенно прямолинейную (рис. 17). Нелинейные искажения вследствие наличия нижнего изгиба пропадут, но останется срез половины кривой усиливаемых колебаний. Если бы удалось этот недо-

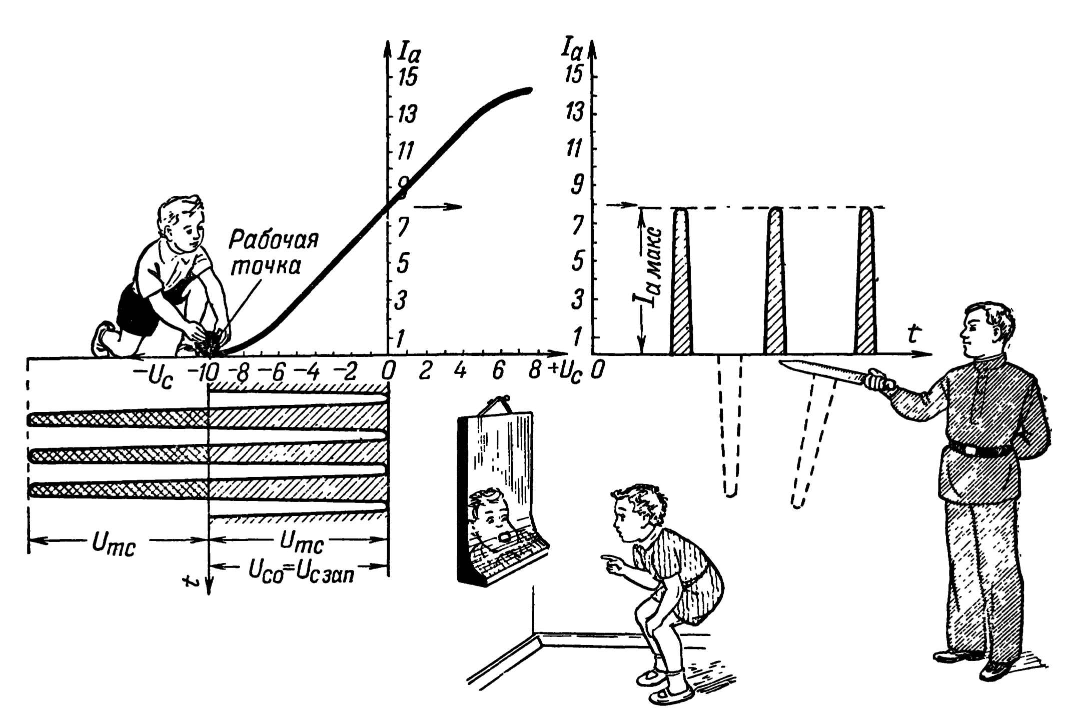


Рис. 16. Работа лампы, когда рабочая точка сдвинута к началу характеристики.

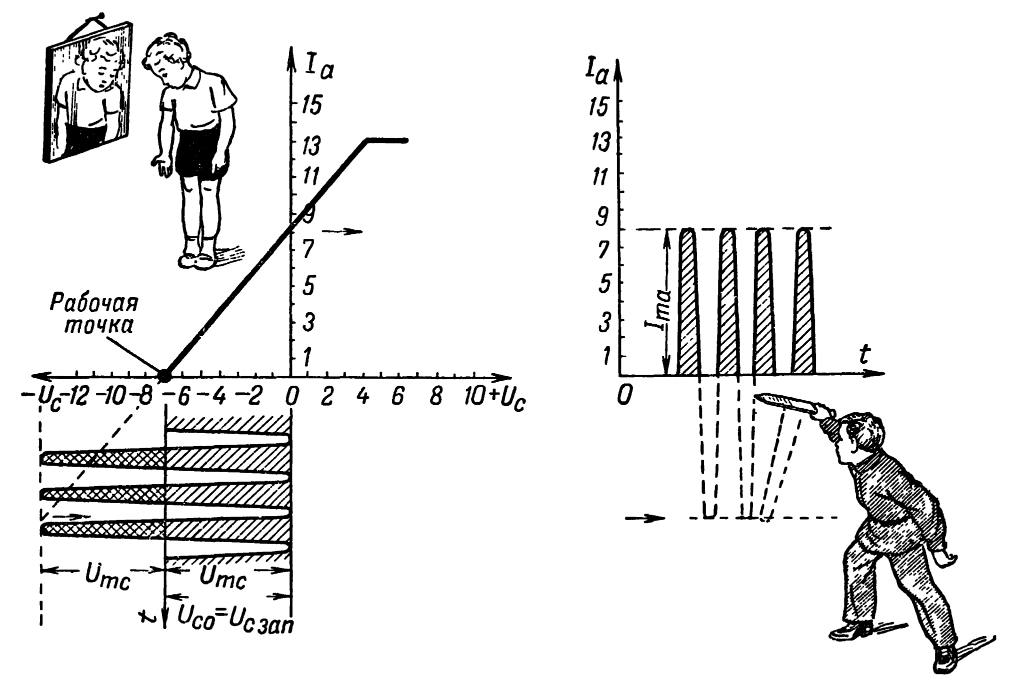


Рис. 17. Работа лампы в режиме класса В.

статок устранить или компенсировать, такой режим можно было бы использовать для низкочастотного усиления. Он выгоден: в моменты пауз, когда напряжение возбуждения не подается, лампа заперта и не потребляет ток от источника анодного напряжения. Но как устранить или компенсировать срезание половины кривой?

Возьмем не одну лампу, а две и заставим их работать попеременно: одну — от одного полупериода напряжения возбуждения, а другую — от другого, следующего за первым.

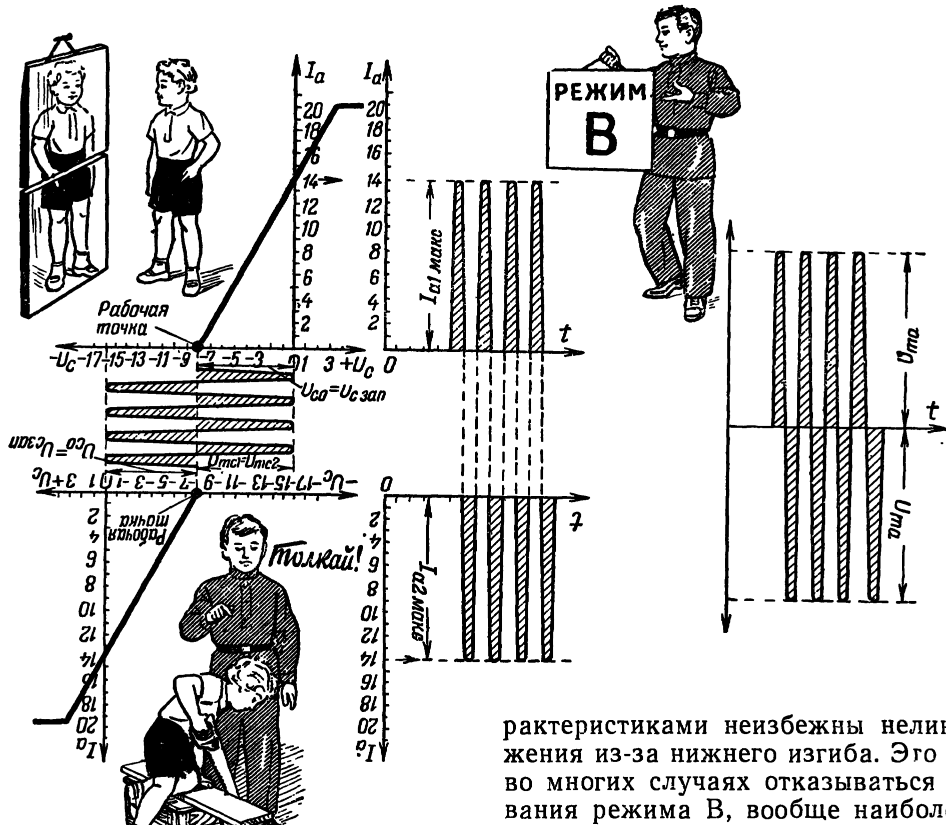


Рис. 18. Работа двухтактной схемы в режиме класса В.

Когда одна лампа будет «отпираться», другая в этот момент начнет «запираться», и наоборот. Каждая лампа в отдельности будет воспроизводить свою половину кривой, а совместным их действием будет воспроизведена полностью вся кривая. Искажение устранится. Но как для этого соединить лампы?

Конечно, по двухтактной схеме, изображенной на рис. 15. Только на сетку каждой из ламп в этой схеме придется подать напряжение смещения $U_{c0}=U_{c.зап}$. Пока напряжение возбуждения не подается, обе лампы «заперты» и их анодные токи равны нулю. Но вот подано напряжение возбуждения, и лампы поочередно начинают «отпираться» и «запираться» (рис. 18), работая импульсами, толчками.

Если характеристики ламп совершенно прямолинейны, лампы в точности одинаковы и отсечки у каждой из них выбраны правильно, то искажений не получается совершенно. Такой режим усиления, применяемый только для двухтактных схем, получил название идеального *режима В*.

Но в реальном режиме В с реальными характеристиками неизбежны нелинейные искажения из-за нижнего изгиба. Это и заставляет во многих случаях отказываться от использования режима В, вообще наиболее экономичного из всех режимов низкочастотного усиления. Какой же режим низкочастотного усиления может быть рекомендован?

Режим А, как мы теперь знаем, мало экономичен и его применение в мощных усилителях не всегда оправдывается. Он хорош только для маломощных каскадов. Случаи использования режима В также ограничены.

Но есть режим, занимающий промежуточное положение между режимами А и В; это *режим АВ*. Однако, прежде чем ознакомиться с ним, укажем на принятое подразделение существующих режимов усиления. Если в процессе усиления получается заход в область сеточных токов, в правую область, то к обозначению режима прибавляется индекс 2, если же работа производится без токов сетки — индекс 1. Так различают режимы B_1 и B_2 (рис. 19), режимы AB_1 и AB_2. Обозначения A_1 и A_2 почти не встречаются: режим А — режим совершенно без искажений, а значит, и без токов сетки — просто режим А.

Теперь ознакомимся с режимом АВ. В этом режиме, как и в режиме В, лампы работают с отсечкой анодного тока, но рабочая точка на характеристике находится правее и выше, чем в режиме В. В моменты пауз токи через лампы не прекращаются, хотя они и невелики (I_{a1} и I_{a2}). Положение рабочей точ-

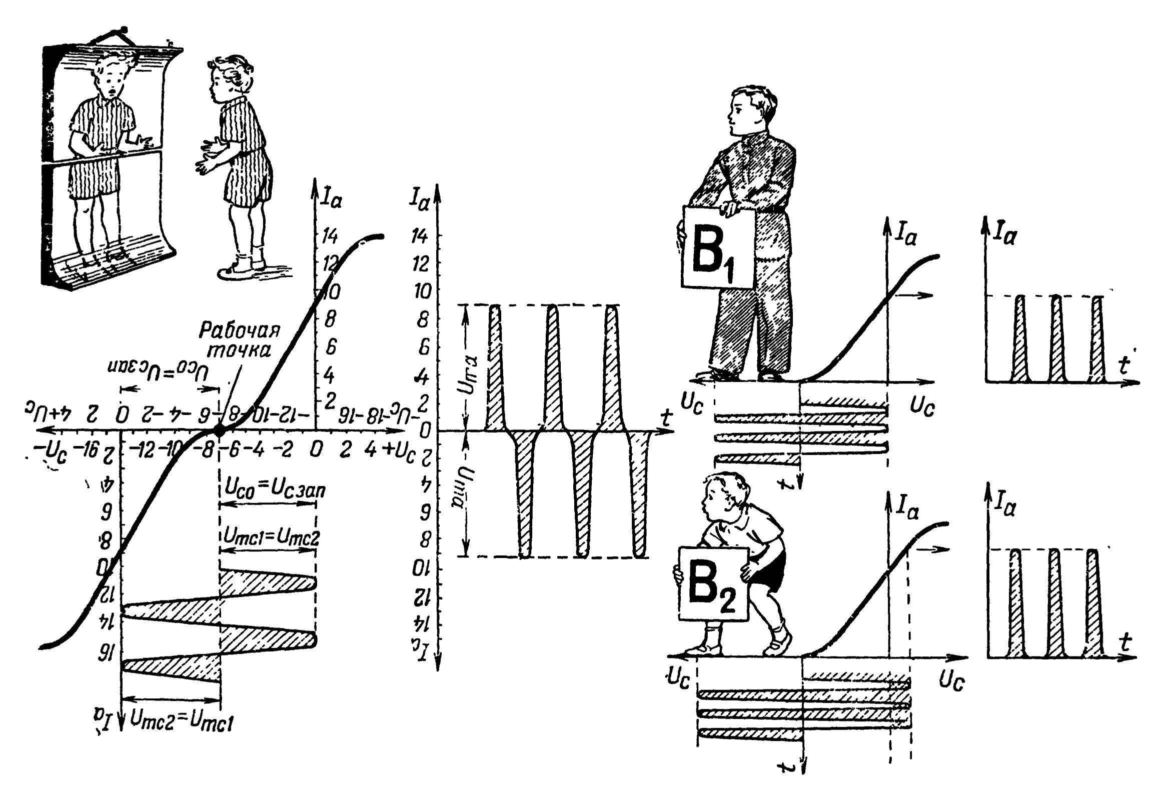


Рис. 19. Чем различается работа двухтактной схемы в режимах B_1 и B_2.

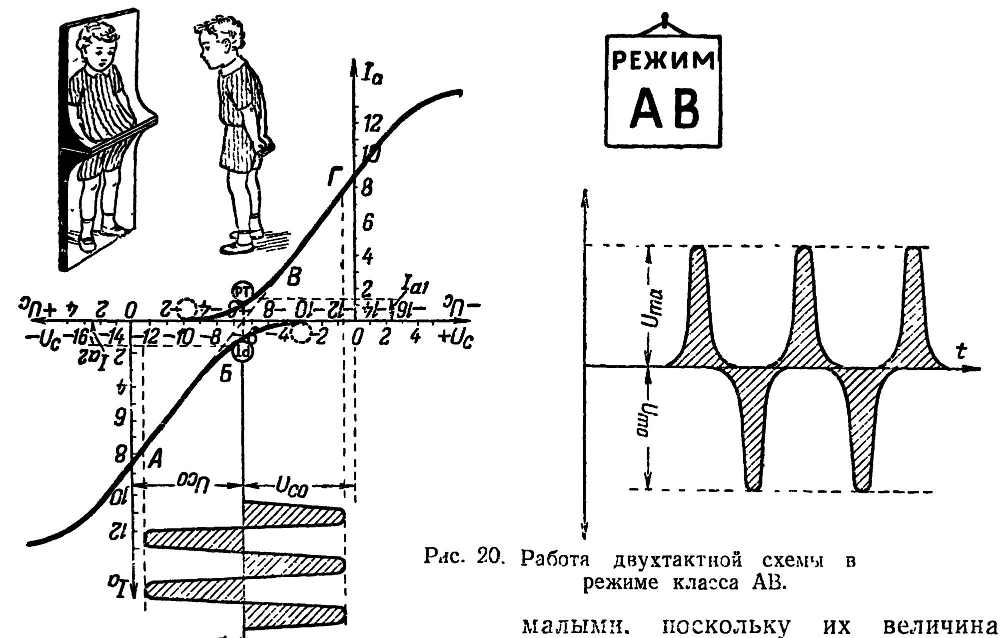


Рис. 20. Работа двухтактной схемы в режиме класса АВ.

ки *РТ* (рис. 20) определяется таким условием: результирующая характеристика *АБВГ* ламп, работающих в двухтактной схеме (для однотактных схем режим *АВ* вообще непригоден), должна быть как можно прямолинейнее. В то же время токи I_{a1} и I_{a2} желательно иметь малыми, поскольку их величина в значительной степени определяет к. п. д. Этим условиям удовлетворяет положение рабочей точки *РТ*, указанное на рис. 20. Режим AB_2 более экономичен, чем режим AB_1 (к. п. д. в режиме AB_2 достигает 65%, тогда как в режиме AB_1 — лишь 50%); он применяется в каскадах большой мощности (более 100 *вт*).

В каскадах средней мощности (до 100 *вт*) рекомендуется применять режим AB_1. Искажения в режиме AB_2 заметно больше, чем в режиме AB_1.

Наконец известен еще один режим усиления — режим С. Он характерен тем, что рабочая точка в этом режиме устанавливается на оси сеточных напряжений левее точки «запирания лампы». На сетку лампы подается отрицательное напряжение смещения $U_{c0} > U_{c.зап}$. В моменты пауз лампа «заперта»; она «отпирается» только для того, чтобы пропустить кратковременный импульс тока, длящийся менее половины периода. Обычно U_{mc} по абсолютному значению больше U_{c0}, вследствие чего осуществляется заход в область сеточных токов и даже имеет место верхняя отсечка (как показано на рис. 21 для U_{mc2}). Искажения в режиме С настолько велики, что этот режим непригоден для низкочастотного усиления. Но он наиболее экономичный из всех режимов вообще (к. п. д. доходит до 75—80%) и поэтому применяется для усиления высокочастотных колебаний в радиопередающих устройствах, где нелинейные искажения не имеют такого значения, как в технике низкочастотного усиления.

КАК ИЗМЕРЯТЬ РЕЖИМ ЛАМП

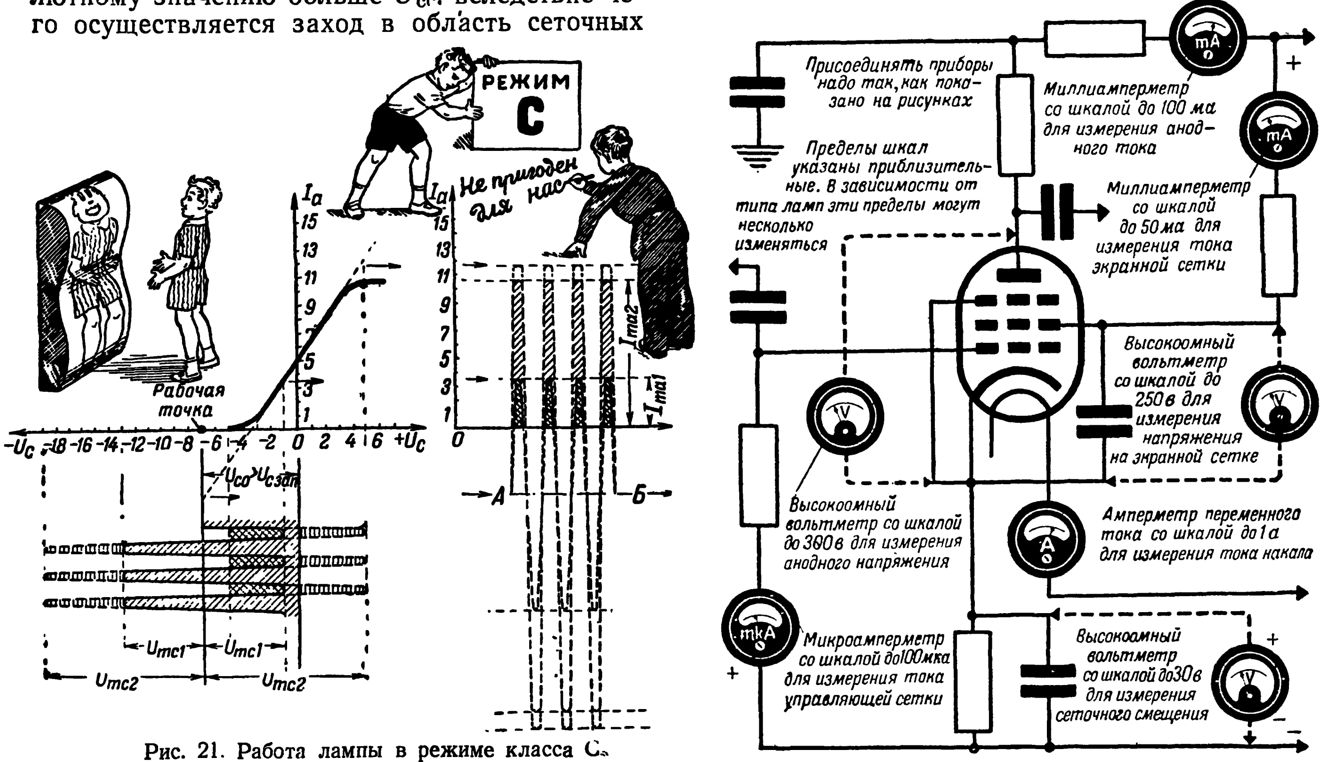


Рис. 21. Работа лампы в режиме класса С.

НОВЫЙ СОПЕРНИК ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАМПЫ[1]

Вскоре после окончания второй мировой войны страницы журналов всего мира облетело сенсационное сообщение об изобретении новой «радиолампы», которая не требует вакуума и нити накала. Новый усилительный прибор отличался чрезвычайно малыми размерами, высокой экономичностью и обещал иметь во много раз больший срок службы, чем обычные радиолампы. Основной частью этого прибора была маленькая пластинка, вырезанная из кристалла полупроводникового материала.

Так, в период бурного расцвета электронной техники, когда радиолампы успели уже пройти большой путь технического развития и стать весьма совершенными приборами, прочно вошедшими в современную технику, началась вторая молодость полупроводниковых усилителей.

[1] В. К. Лабутин, Простейшие конструкции на транзисторах (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960. Новая редакция для Хрестоматии радиолюбителя.

Совсем в иных условиях проходила их первая жизнь.

... Начало 20-х годов. Предпринимаются первые попытки организовать радиовещание и дальнюю радиосвязь. Хотя радиолампа известна человечеству уже около 20 лет, слабое развитие электровакуумной техники и радиотехнической промышленности все еще заставляет широко пользоваться искровыми передатчиками и искать другие приборы для генерирования, обнаружения и усиления радиосигналов. И вот сотрудник Нижегородской лаборатории О. В. Лосев совершает открытие, известие о котором лихорадочно перепечатывают все иностранные радиожурналы: генерировать и усиливать может не только сложная в изготовлении вакуумная радиолампа, но и простой кристаллический детектор! Приемники Лосева — «кристадины» (рис. 1) — воспроизводятся в Европе и Америке, строятся прогнозы о скором вытеснении радиоламп кристаллами...

Однако недостаточность научных знаний об электрической природе кристаллов, слабое развитие лабораторной техники не позволили в то время глубоко исследовать процессы, происходящие в полупроводниках, и создать надежные высокоэффективные, не уступающие радиолампам полупроводниковые усилительные приборы. По мере дальнейшего совершенствования электронных ламп кристадин уступает место ламповым приемникам и уже к концу 20-х годов теряет практическое значение.

30-е годы явились триумфальным шествием электронной лампы. Благодаря успехам электронной техники стали реальностью и «газета без бумаги и без расстояний» и массовое радиовещание, звуковое кино и телевидение, радиолокация и радиоастрономия, современные

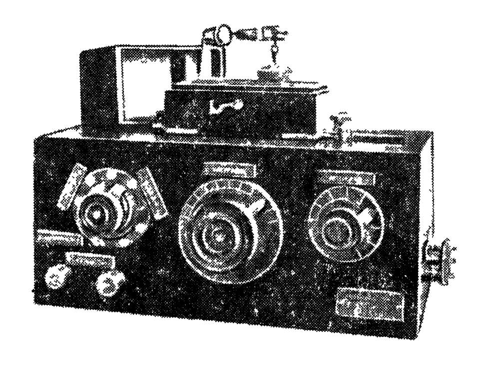


Рис. 1. Кристадин Лосева — первый радиоприемник, использовавший полупроводниковый усилитель (1922 г.).

быстродействующие системы автоматики и телеуправления, радионавигация и электронные вычислительные машины, ультразвуковая техника и управление ядерными реакциями.

И чем более широкое применение находят электронные лампы, тем острее начинают проявляться некоторые принципиальные недостатки, свойственные им.

Еще в период второй мировой войны выявилась недостаточная надежность военной радиоаппаратуры, причем основная масса отказов была связана с неисправностью радиоламп.

Широкое распространение радиовещательных приемников и телевизоров вскрывает другой серьезный недостаток современных радиоламп — их низкую экономичность.

Развитие электронных вычислительных машин и других специальных устройств, включающих в себя тысячи радиоламп, выдвигает жесткие требования как к надежности и сроку службы ламп, так и к экономичности питания и минимальным размерам их.

Еще в 40-х годах наблюдается стремление в ряде случаев переложить некоторые функции радиоламп на приборы других классов (рис. 2): кенотроны начинают заменяться селеновыми выпрямителями, вместо детекторных и смесительных ламп начинают применяться кремниевые и германиевые диоды с постоянной рабочей точкой. Конечно, эти приборы способны решать лишь узкие специфические задачи и не могут серьезно конкурировать со всем классом электронно-вакуумных приборов. Основным универсальным усилительным и генераторным прибором остается радиолампа.

Но вот параллельно с прогрессом электронной техники, а в значительной мере и благодаря ему расширяются и углубляются представления человека о природе материи: развивается электронная теория металлов, обогащающая наши представления о физике металлических проводников и механизме их электропроводности; квантовая механика проливает новый свет на свойства электрона и его взаимодействие с другими частицами. Наконец, появляется зонная теория, которая позволяет объяснить свойства совершенно различных веществ — диэлектриков, проводников и полупроводников — с одной позиции: с точки зрения возможных энергетических состояний электрона. В ходе этого прогресса науки удается не только объяснить многие непонятные прежде явления, но и вскрыть новые свойства материи, подчинить эти свойства воле человека. Этими достижениями и была

Области применения электронных приборов	Новые типы приборов 1940 1950 1960г.
1. Выпрямление переменного тока	Кенотрон Селеновый выпрямитель Германиевый диод . . .
2. Детектирование и преобразование в.ч и с.в.ч.	Специальные лампы Кремниевый диод Германиевый диод . . .
3. Усиление н.ч. (на малой мощности)	Электронные лампы Транзистор . . .
4. Усиление н.ч (средней мощности до100 вт)	Электронные лампы Транзистор . . .
5. Усиление в.ч.	Электронные лампы Транзистор . . .
6. Генерирование и усиление больших мощностей в.ч. и н.ч.	Генераторные лампы . . . ?

Рис. 2. С 40-х годов радиолампы начинают вытесняться полупроводниковыми приборами. Сейчас осталась только одна область, в которой лампа еще не может быть заменена: генерирование и усиление больших мощностей на высоких частотах.

подготовлена вторая жизнь полупроводниковых усилителей. Человек научился сознательно управлять движением электрона не только в вакууме, но и в толще кристалла, где электрон находится в непрерывном взаимодействии с другими частицами. В 1948 г. американцами Джоном Бардиным и Вальтером Браттейном был изготовлен первый трехэлектродный усилительный прибор, основанный на использовании особых свойств контактов с кристаллом полупроводника, — так называемый «точечный» транзистор.

Открытие нового усилительного прибора, не требовавшего вакуума и нити накала, имевшего чрезвычайно малые размеры (рис. 3) и обладавшего большим сроком службы (рис. 4), было теперь как нельзя кстати. И, несмотря на то, что по своим усилительным свойствам первый транзистор с трудом шел в сравнение с современными радиолампами, за его усовершенствование сразу же взялся большой отряд специалистов.

Рис. 3. Важнейшим преимуществом транзистора являются его малые размеры и вес.

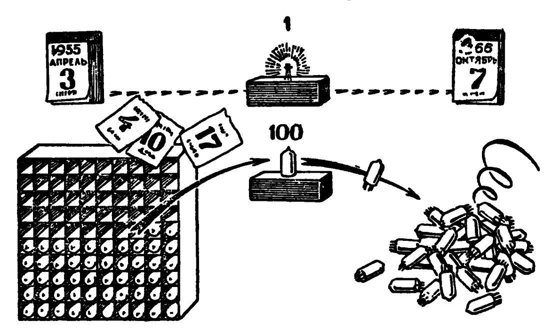


Рис. 4. Срок службы транзистора может достигать сотен тысяч часов.

Вильям Шокли в короткий срок разработал теорию транзисторов и изобрел новый, более совершенный тип их — так называемый «плоскостной» транзистор. Существенный вклад в теорию и технику полупроводников внесли и советские специалисты: академики А. Ф. Иоффе, Б. М. Вул и И. Е. Тамм и многие другие специалисты, в том числе предвосхитивший в своей предвоенной работе основные идеи теории Шокли Б. И. Давыдов.

Первым транзисторам были свойственны серьезные недостатки: высокий уровень шумов, ограниченный диапазон рабочих частот, сильная зависимость электрических параметров от температуры, ограниченная мощность. Многие из них являлись детскими болезнями молодой техники и уже успешно преодолены. Становится все яснее, что в лице транзистора старая электронная лампа встречает серьезного конкурента.

За короткий срок предельные рабочие частоты транзисторов выросли от нескольких сотен килогерц до тысячи мегагерц. Наряду с маломощными приборами уже созданы транзисторы, обеспечивающие выходную мощность до 100 *вт* и выше. Появились полупроводники, способные работать при температурах выше 1 000° С. Резко снижен уровень собственных шумов транзисторов. Сейчас самые низкошумящие усилители часто удается создавать именно на транзисторах, а не на лампах. Что же касается миниатюрности, механической прочности и экономичности, то в этих вопросах пальма первенства безраздельно принадлежит транзисторам с момента их изобретения.

В ряде применений лампа уже неспособна конкурировать с транзистором. Это прежде всего слуховые аппараты, размеры и вес которых при переходе к транзисторам уменьшились в 5—20 раз, а потребление энергии сократилось в 20—50 раз. Затем — это карманные приемники (рис. 5), проблему которых с помощью радиоламп удовлетворительно решить не удалось вообще. Успешно продвигается внедрение транзисторов в вычислительные машины, в аппаратуру, предназначенную для длительной работы без контроля человека, например промежуточные усилители в системах дальней связи, где требуются высокая надежность, экономичность и большой срок службы.

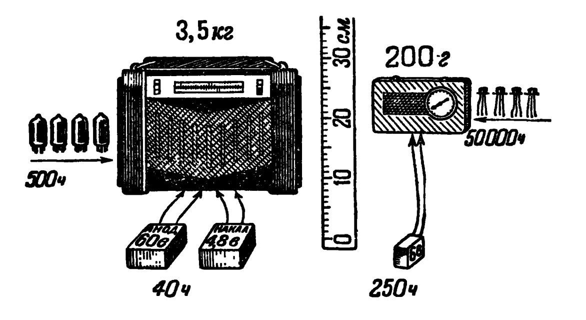


Рис. 5. Наибольший эффект дает применение транзисторов в портативной переносной радиоаппаратуре.

Весьма эффективно применение транзисторов в искусственных спутниках земли и космических станциях, где их преимущества перед лампой проявляются особенно сильно.

В настоящее время промышленностью выпускаются транзисторы, предназначенные для решения следующих задач (рис. 6).

Универсальные маломощные транзисторы. Типичными представителями этой группы являются плоскостные германиевые транзисторы типов П13—П15, П8—П11 и кремниевые типов П101—П103. Это высокоэкономичные усилительные приборы малых размеров, позволяющие успешно усиливать и генерировать сигналы низких и умеренно высоких частот (до 500—1 000 *кгц*). Один каскад усиления с таким транзистором способен обеспечить усиление мощности сигнала до 30 000 раз. Максимальная выходная мощность в однотактной схеме достигает 10—30 *мвт*. Для нормальной работы этих транзисторов требуется питание током до 1 *ма* при напряжении в несколько вольт, но усилительные свойства проявляются и при существенно меньших мощностях питания, совершенно немыслимых для обычных радиоламп, например, при токе 10 *мка* и напряжении 0,2 *в*.

Мощные низкочастотные транзисторы. Эта группа включает в себя плоскостные транзисторы, предназначенные специально для оконечных и мощных предоконечных каскадов низкочастотных усилителей. Они также успешно применяются в преобразователях постоянного тока, повышающих напряжение от единиц и десятков до сотен и даже тысяч вольт, в усилителях, работающих на исполнительные механизмы (реле, двигатели), генераторах низкой частоты (до нескольких десятков килогерц), стабилизаторах напряжения и импульсных схемах при умеренных частотах. К этой группе приборов относятся транзисторы типов П4, П201—П203, П207—П210. Эти транзисторы обеспечивают выходную мощность от единиц ватт (П201) до сотен ватт (П207—П208).

Высокочастотные маломощные транзисторы. Несмотря на то, что сначала наиболее высокочастотными транзисторами считали точечные, развитие методов изготовления плоскостных транзисторов привело к полному вытеснению точечных.

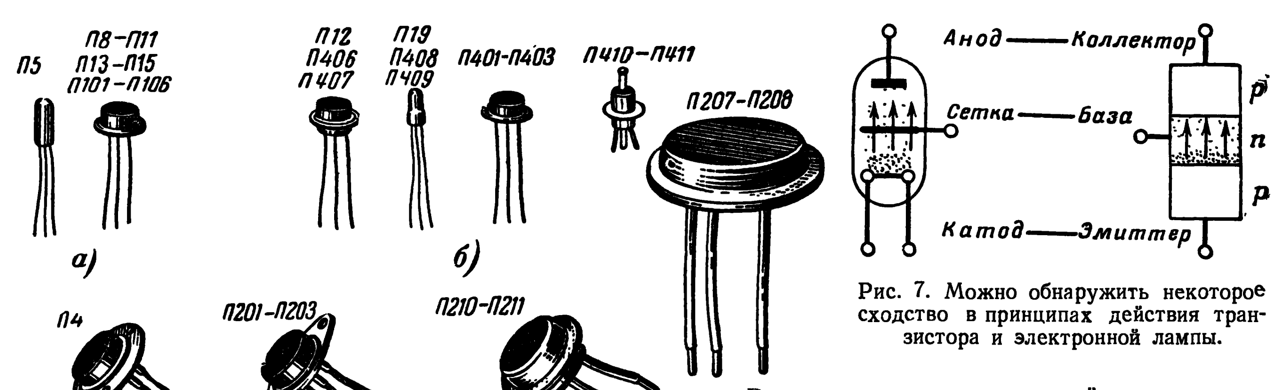


Рис. 6. Внешний вид транзисторов.

а — для усиления малых сигналов низкой частоты; *б* — то же высокой частоты; *в* — мощные низкочастотные транзисторы.

Рис. 7. Можно обнаружить некоторое сходство в принципах действия транзистора и электронной лампы.

В настоящее время наиболее высокочастотными приборами являются особые разновидности плоскостных транзисторов, среди которых основная роль принадлежит транзисторам, изготавливаемым методом диффузии примесей из газовой среды (так называемые «диффузионные» транзисторы). Высокочастотные плоскостные транзисторы пригодны для усиления и генерирования сигналов с частотой от единиц мегагерц (П12) до сотен мегагерц (П410, П411). Эти транзисторы оказываются также прекрасными приборами для быстродействующих импульсных схем и широкополосных усилителей.

Мощные высокочастотные транзисторы. В основе создания высокочастотных транзисторов лежит миниатюризация геометрии рабочих элементов. Это в свою очередь приводит к утяжелению теплового режима транзистора и ограничивает допустимые мощности. В связи с этим долгое время не удавалось создать мощный высокочастотный транзистор. Однако интенсивные исследования уже дали первые положительные результаты и в этом направлении. Из литературы известно о создании кремниевых диффузионных транзисторов, развивающих на частотах 100 *Мгц* мощность в несколько ватт.

Несмотря на то, что пути дальнейшего резкого увеличения мощности высокочастотных транзисторов еще неясны, уже созданный ассортимент полупроводниковых приборов является мощным средством совершенствования радиоэлектронной аппаратуры.

КАК УСИЛИВАЕТ КРИСТАЛЛ

Наблюдается некоторое подобие общей схемы действия транзистора и обычного вакуумного триода (рис. 7).

В транзисторе можно найти электрод, аналогичный катоду радиолампы, функцией которого является испускание элементарных заряженных частиц, так называемый *эмиттер*. Далее, имеется пространство, в котором эти частицы распространяются, называемое *базой*. И, наконец, есть электрод, подобный аноду, собирающий на себе основную массу испущенных эмиттером зарядов — *коллектор*.

Управлять током коллектора можно путем сообщения базе того или иного потенциала относительно эмиттера. Таким образом, база может быть уподоблена управляющей сетке.

Однако эта аналогия дает весьма поверхностное приближение к процессам, происходящим в транзисторе. В действительности они значительно сложнее и существенно отличаются от процессов, с которыми мы встречаемся в вакуумных электронных лампах. Коренное отличие состоит в том, что все процессы в транзисторе происходят не в вакууме, а в объеме кристаллической решетки особым образом приготовленного полупроводника, большей частью германия.

Несмотря на то, что химики относят элемент германий к металлам, его электрические свойства резко отличаются от свойств хорошо знакомых нам металлов-проводников и механизм электропроводности германия совершенно иной. В отличие от проводниковых металлов, у которых колоссальное количество электронов не связано с определенными атомами и может свободно переносить электрические заряды через объем проводника, образуя при приложении внешнего напряжения электрический ток, в кристаллах германия подавляющая масса электронов довольно жестко связана с определенными атомами, причем именно эти закономерные связи атомов посредством электронов и обусловливают кристаллическую структуру германия (рис. 8). Поэтому электрическое сопротивление чистого германия обычно превышает сопротивление проводниковых металлов в тысячи раз.

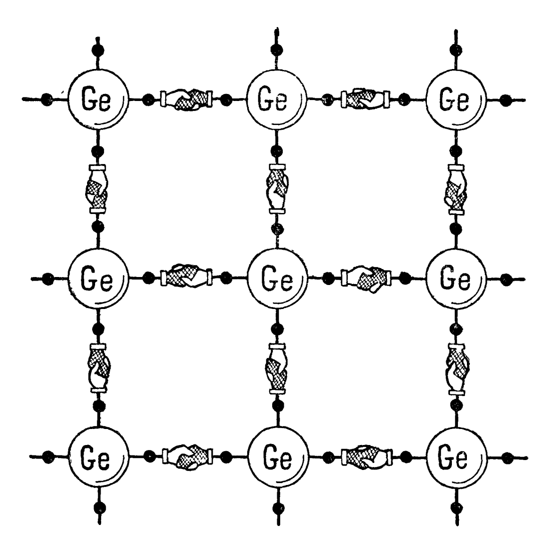


Рис. 8. Прочность кристаллической решетки германия объясняется тем, что каждый атом германия посредством своих четырех внешних электронов вступает в связи с четырьмя атомами-соседями; однако, свободных электронов не остается и кристалл не проводит электрического тока

Однако при повышении температуры, освещении кристалла и некоторых других воздействиях наблюдается резкое снижение сопротивления германия. Современная физика объясняет это тем обстоятельством, что связи некоторой части электронов с атомами германия недостаточно прочны и при определенных внешних воздействиях легко нарушаются, причем высвобождаются сразу носители электрических зарядов двух видов (рис. 9): *электроны* (носители отрицательного электричества) и так называемые «дырки» (носители положительного электричества).

Дыркой образно назвали то место, в котором находился высвобожденный из связи электрон. По сути дела дырка представляет собой не какую-то особую частицу, а просто излишек положительного электричества, появляющийся в районе атомов, связь между которыми нарушена из-за ухода электрона. При этом оказывается, что дырка может передвигаться подобно высвобожденным из связей электронам. Подвижность дырки объясняют не перемещением атомов с некомпенсированным положительным зарядом — они очень прочно удерживаются в соответствующих узлах кристаллической решетки, а способностью перескакивать на место нарушенной связи одного из электронов, участвующих в связях соседних атомов, причем первоначальная дырка пропадает, а появляется дырка рядом и т. д., как бы по эстафете (рис. 10).

Прохождение электрического тока через кристалл германия объясняется вступлением

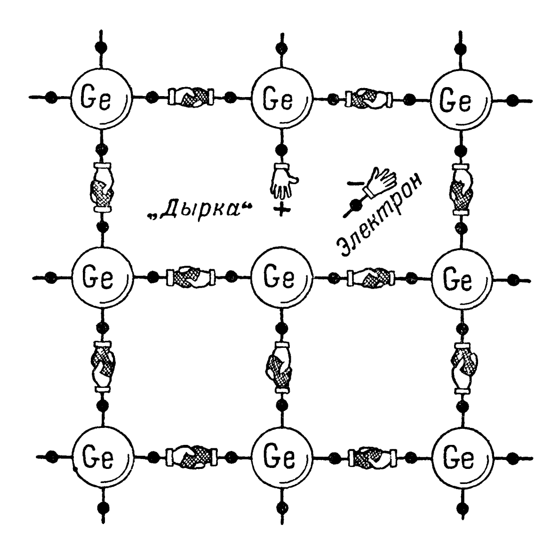


Рис. 9. При вырывании электрона из связи одновременно появляются два носителя электричества: электрон (—) и дырка (+).

свободных электронов и дырок в направленное движение под влиянием внешнего напряжения. Электроны движутся при этом, как и в проводниках, от минуса к плюсу, а дырки, являясь носителями положительного заряда, — навстречу: от плюса к минусу. Полный ток равен сумме электронного и дырочного токов.

Описанный механизм проводимости свойствен не только германию, но и всему классу полупроводниковых материалов, в том числе и кремнию.

Отличительными особенностями поведения носителей электричества в полупроводниках

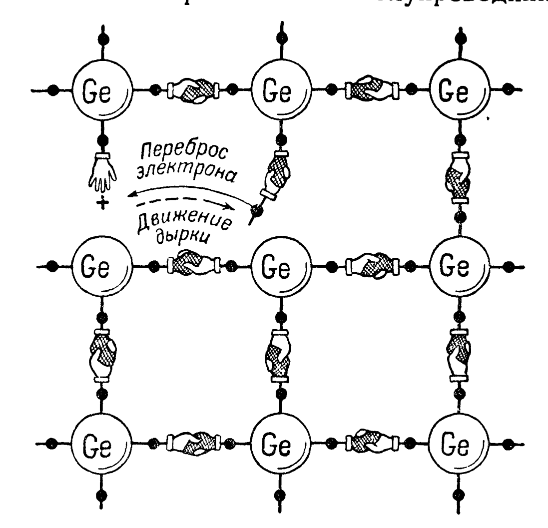


Рис. 10. Подвижность дырки объясняется возможностью связанных электронов перескакивать из одной связи в другую, причем дырка перемещается навстречу перескочившему электрону.

является способность их к диффузии и рекомбинации.

Высвобожденные тем или иным способом электроны и дырки хаотично перемещаются по объему кристалла. Однако наряду с их беспорядочным движением всегда наблюдается и направленное перемещение носителей в те области кристалла, где их количество (точнее концентрация) меньше, что приводит к выравниванию концентрации носителей заряда по объему кристалла. Такое самопроизвольное выравнивание концентрации носителей по своей природе аналогично распространению тепла в металлических предметах от нагретого участка к холодному и называется *диффузией*.

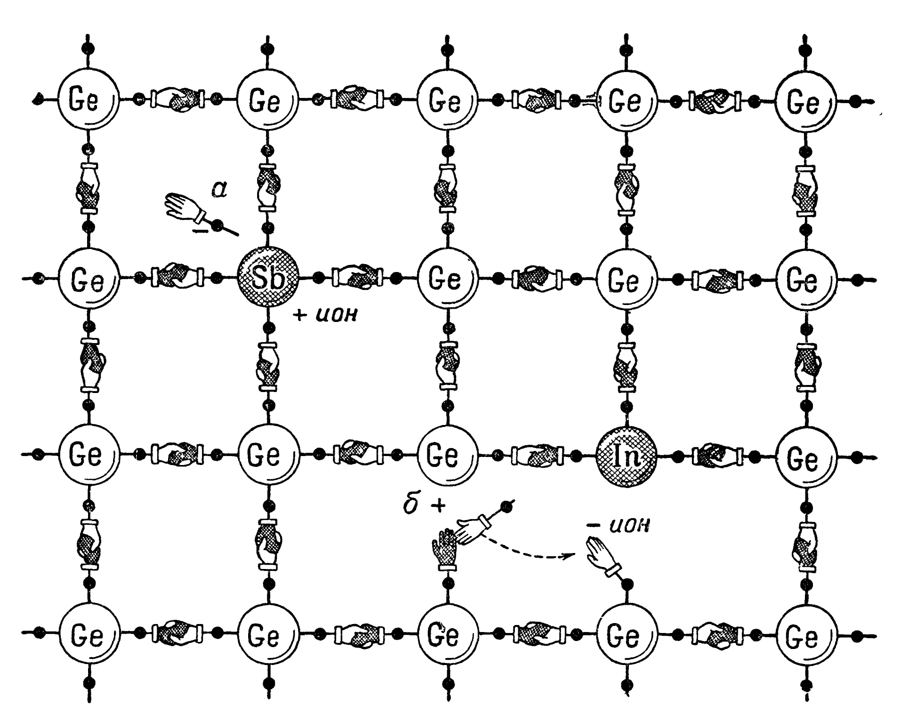


Рис. 11. Замещая отдельные атомы германия атомами других веществ, например, сурьмы (Sb), имеющими пять валентных электронов, или индия (In), имеющими три валентных электрона, можно получать в кристалле дополнительные свободные электроны (*а*) или дырки (*б*).

Суть *рекомбинации* состоит в том, что носители противоположных знаков, путешествуя по объему кристалла, могут при встрече пропадать: свободный электрон, попадая в дырку, восстанавливает утраченную здесь когда-то связь и лишается дальнейшей свободы перемещения. Одновременно, разумеется, пропадает и дырка. В связи с этим говорят об ограниченном «времени жизни» носителей электричества в полупроводниках.

Сильно увеличить электропроводность полупроводников удается путем введения самых ничтожных количеств некоторых посторонних примесей. Выбирая соответствующую примесь, можно получить кристаллы германия с ярко выраженной электронной проводимостью и подавленной дырочной (так называемый германий *n*-типа) или, наоборот, с преобладающей дырочной проводимостью (германий *p*-типа). Дело в том, что атомы примеси могут, не нарушая структуры кристаллической решетки германия, внедряться в ее узлы вместо отдельных атомов германия. При этом, если число внешних электронов у примесных атомов не равно числу их у атомов германия, либо остаются лишние электроны, либо образуются дополнительные дырки, чем объясняется как увеличение проводимости, так и преобладание того или иного типа проводимости (рис. 11).

Типичный современный транзистор (плоскостной) представляет собой монокристаллическую пластинку, в которой благодаря введению особых примесей образованы три области с чередующимися типами проводимости: *p—n—p* или *n—p—n*.

Дальнейший рассказ мы поведем применительно к транзистору наиболее распространенного типа *p—n—p*, хотя принципы работы транзисторов типа *n—p—n* совершенно аналогичны, с той лишь разницей, что электроны и дырки обмениваются функциями.

Основную роль в процессах, происходящих в транзисторе, играют так называемые *электронно-дырочные переходы* (*p—n*-переходы) — границы раздела областей с противоположными типами проводимости.

В транзисторе таких переходов два.

Если включить один *p—n*-переход в цепь переменного тока (рис. 12), то нетрудно обнаружить, что ему присущи свойства выпрямителя: для тока одного направления он представляет очень малое сопротивление (единицы ом), а для тока обратного направления — очень большое (сотни килоом).

Объясняется это следующим образом.

В связи с тем, что концентрации свободных электронов и дырок в *p*- и *n*-областях различны, при возникновении *p—n*-перехода сразу же начинается диффузия носителей

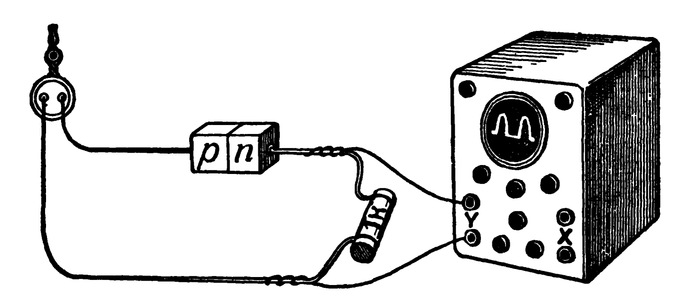


Рис. 12. При включении p—n-перехода в цепь переменного тока обнаруживаются присущие ему свойства выпрямителя.

электричества через переход: дырки из области p-типа, где их концентрация велика, переходят в n-область, где их мало, а электроны, наоборот, из n-области в p-область. Это приводит к тому, что n-область приобретает положительный заряд, а p-область заряжается отрицательно (рис. 13). На границе же раздела областей появляется электрическое поле этих зарядов, причем оно (E, рис. 13) противодействует дальнейшему переходу носителей через границу.

В результате на границе раздела n- и p-областей возникает устойчивый потенциальный барьер, характеризующийся динамическим равновесием сил диффузии носителей и встречного поля.

Если теперь приложить к p—n-переходу внешнее напряжение так, что к положительно заряженной n-области будет присоединен плюс, а к отрицательно заряженной p-области — минус (рис. 14,*а*), то исходный потенциальный барьер будет еще более повышен и через p—n-переход удастся прорваться лишь ничтожному количеству носителей тока. Следовательно, электрическое сопротивление p—n-перехода будет велико, а ток через него — очень мал (у хороших переходов — меньше 1 *мка*) во всем интервале рабочих напряжений. Такое включение p—n-перехода называют обратным.

Если же к n-области приложить минус, а к p-области — плюс внешнего источника напряжения (рис. 14,*б*), то дырки, внедряющиеся из p-области в n-область, легко будут компенсироваться электронами, поступающими из внешней цепи от присоединенного к n-области отрицательного полюса источника, а электроны, переходящие из n-области в p-область, будут уходить к присоединенному к p-области положительному полюсу источника. Потенциальный барьер упадет, условия перехода носителей через него облегчатся, и все новые и новые количества дырок будут поступать из p-области в n-область.

При таком включении перехода, называемом прямым, ток через переход может достигать колоссальных значений, губительных для пластинки германия, если в цепь не введено ограничивающее ток сопротивление.

Варьируя количество примесей, введенных в p- и n-области, можно добиться преобладания в прямом токе либо дырочной, либо электронной составляющей.

В принципе конструкция транзистора симметрична: посредине — область с одним типом проводимости, по краям ее — области с другим типом проводимости. Однако для того чтобы такой прибор начал проявлять усилительные свойства, его надо превратить в несимметричный прибор путем подачи пита-

Смещение электронов ⊖
Смещение дырок ⊕
p
n
Распределение потенциала:
0
+
−
Потенциальный барьер
E Электрическое поле

Рис. 13. В результате диффузионного смещения носителей через p—n-переход при его образовании на границе раздела возникает потенциальный барьер.

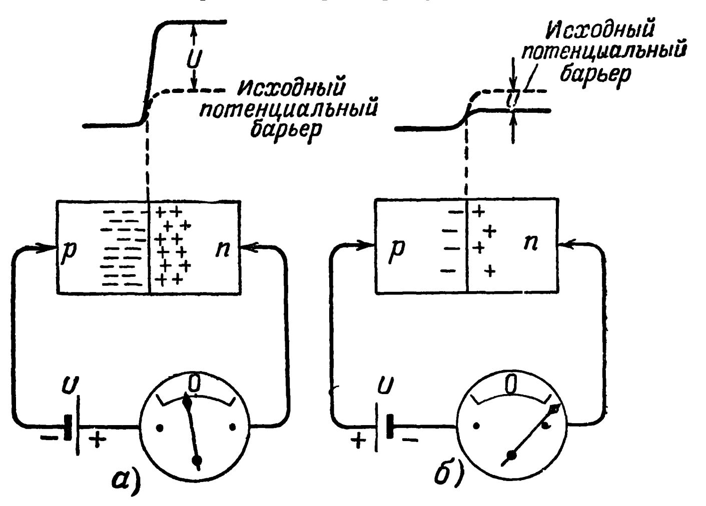


Рис. 14. Поведение p—n-перехода при приложении обратного (*а*) и прямого (*б*) напряжения.

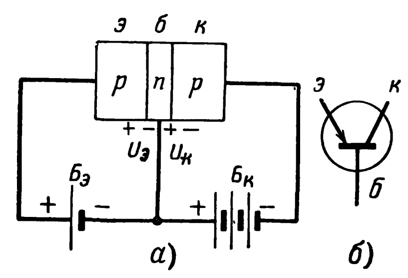


Рис. 15. Схема подачи питания на электроды транзистора типа *p—n—p* (*а*) и условное обозначение такого транзистора (*б*); *э*—эмиттер; *б* — база; *к* — коллектор.

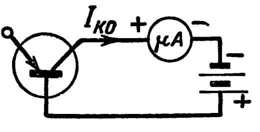


Рис. 16. Обратный ток коллектора $I_{к.о}$, измеряемый при отключенном эмиттере, является важной характеристикой транзистора.

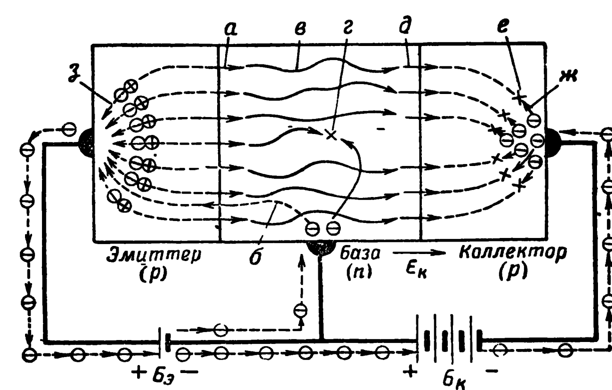


Рис. 17. Схема распределения тока эмиттера в плоскостном транзисторе типа *p—n—p*.

а—инъекция дырок; *б*—электронная составляющая эмиттерного тока; *в*—диффузия дырок в базе; *г*—рекомбинация в базе; *д*—„дрейф" дырок через коллекторный переход под действием поля $E_К$; *е*—рекомбинация в коллекторе; *ж*—приток электронов к коллекторному переходу из внешней цепи; *з*—уход электронов из эмиттера во внешнюю цепь.

ния на один переход в прямом направлении, а на другой — в обратном (рис. 15).

Переход, включаемый в прямом направлении, называют *эмиттерным,* а в обратном — *коллекторным*. В соответствии с этим присваивают различные названия (эмиттер и коллектор) крайним областям, обладающим одинаковым типом проводимости. Если бы не было эмиттерного перехода вблизи коллекторного, то ток в цепи коллектора был бы ничтожно малым, так как коллекторный переход включен в обратном направлении. Такое явление наблюдается при отключении эмиттера от источника питания его (рис. 16). Ток, проходящий при этом через коллектор, называют *обратным током коллектора*, обозначают $I_{ко}$ и считают важным параметром транзистора, характеризующим качество, температурную стабильность и ряд других свойств прибора. Обычно чем меньше значение $I_{ко}$, тем доброкачественнее транзистор.

При пропускании прямого тока через эмиттерный переход нетрудно заметить, что ток коллектора существенно возрастает и приобретает значение, близкое к значению тока эмиттера. Это явление можно понять, рассмотрев механизм прохождения тока в транзисторе, поясняемый рис. 17.

При изготовлении транзистора *p*-область эмиттера насыщают примесью, создающей дырочную проводимость, в значительно большей мере, чем область базы примесью, дающей электронную проводимость.

В результате концентрация дырок в эмиттере оказывается значительно больше не только концентрации дырок в области базы, но даже концентрации электронов в базе. Поэтому прямой ток, проходящий через эмиттерный переход, в основном состоит из дырок, поступающих из эмиттера в базу (*а* на рис. 17), и лишь в ничтожной части — из электронов, переходящих из базы в эмиттер (*б* на рис. 17). Происходит так называемая *инъекция* (впрыскивание) дырок эмиттером в базу, аналогичная эмиссии электронов из катода вакуумной электронной лампы. Впрыснутые в базу дырки имеют ограниченное «время жизни», в течение которого они должны рекомбинировать с электронами.

Однако благодаря диффузии впрыснутые дырки начинают перемещаться в область базы, прилегающую к коллектору, где их концентрация меньше (*в* на рис. 17).

Толщина базы в транзисторе очень мала (десятки и даже единицы микрон). Поэтому, несмотря на относительно малую скорость диффузионного перемещения, по пути к коллектору успевает рекомбинировать (*г* на рис. 17) весьма малая доля общего количества дырок, впрыснутых эмиттером. Попадая же в область коллекторного перехода, к которому приложено значительное обратное напряжение, дырки подвергаются действию сильного ускоряющего поля, втягиваются им и моментально захватываются коллектором (*д* на рис. 17), где и «оканчивают жизнь» за счет рекомбинации (*е* на рис. 17) с электронами, поступающими (*ж* на рис. 17) из источника питания коллекторной цепи $Б_к$.

Несмотря на непрерывную инъекцию дырок эмиттером, запасы их в эмиттере не убавляются, так как одновременно с переходом дырок из эмиттера в базу эмиттер покидает соответствующее количество электронов (*з* на рис. 17), уходящих во внешнюю цепь к положительному зажиму источника $Б_э$, в результате чего в эмиттере появляются новые дырки.

Таким образом, под действием батареи $Б_э$ в эмиттере непрерывно генерируются пары электрон—дырка, причем электроны выходят

во внешнюю цепь, а дырки благодаря инъекции через эмиттерный переход, диффузии через базу и захвату коллектором в основном добираются до коллектора, где рекомбинируют и вызывают этим приток соответствующего числа электронов из источника $Б_к$. За вычетом небольшого тока базы, связанного с электронной составляющей тока через эмиттерный переход и частичной рекомбинацией дырок в области базы, ток, введенный в эмиттер, передается в цепь коллектора.

Изменяя ток эмиттера, можно тем самым менять и ток коллектора. Поскольку эмиттерный переход работает в прямом направлении, напряжение, прикладываемое к зажимам эмиттер — база, мало (порядка 0,1—0,2 *в*). Коллекторный переход, работающий в обратном направлении, напротив, допускает питание достаточно высоким напряжением (до нескольких десятков вольт).

Из этих соображений уже очевидна возможность усиления с помощью транзистора, ибо ток, вводимый в цепь эмиттера при малом напряжении, передается в цепь коллектора со значительно бо́льшим напряжением.

Схема простейшего усилителя с транзистором показана на рис. 18.

Исходная рабочая точка транзистора однозначно определяется током эмиттера и напряжением на коллекторе. Выбор рабочей точки обеспечивается соответствующим выбором источников питания $Б_э$ и $Б_к$ и ограничивающего ток эмиттера сопротивления $R_э$. В цепь эмиттера, кроме того, вводится усиливаемый сигнал (в схеме на рис. 19 — при помощи трансформатора *Тр*). В цепь коллектора включается полезное нагрузочное сопротивление $R_н$. Входное сопротивление триода мало, так как эмиттерный переход включен в прямом направлении. Сопротивление же нагрузки $R_н$ можно взять достаточно большим при надлежащем выборе напряжения батареи $Б_к$. Тогда мощность сигнала в нагрузочном сопротивлении будет больше мощности, подводимой к транзистору, потому что ток сигнала, введенный во входную цепь с малым сопротивлением, передается транзистором почти без потерь ($i_к \approx i_э$) в выходную цепь с большим сопротивлением. Таким образом, будет иметь место усиление мощности сигнала.

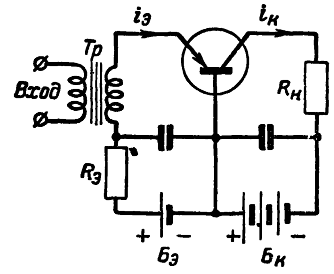
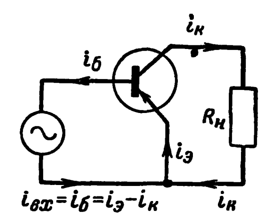
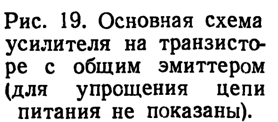


Рис. 18. Принципиальная схема усилителя с общей базой.




Рис. 19. Основная схема усилителя на транзисторе с общим эмиттером (для упрощения цепи питания не показаны).

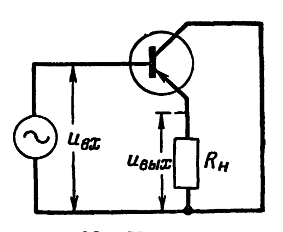


Рис. 20. Усилитель по схеме с общим коллектором (для упрощения цепи питания не показаны).

Рассматриваемая схема включения транзистора называется *схемой с общей базой*, так как вывод базы является общим для входной и выходной цепей транзистора.

Для этой схемы характерно отсутствие усиления по току ($i_к \approx i_э$). Усиление по напряжению и мощности возможно лишь при условии, что полезное сопротивление нагрузки больше, чем входное сопротивление транзистора.

Значительно большее усиление может быть получено *в схеме с общим эмиттером*, которую вообще считают основной схемой включения транзистора (рис. 19).

В этой схеме сигнал по-прежнему подводится к эмиттерному переходу, включенному в прямом направлении. Однако нагрузочное сопротивление присоединено своим нижним концом уже не к базе, а к эмиттеру. При этом источнику усиливаемого сигнала приходится создавать не весь ток эмиттера, а только ту небольшую его часть, которая теряется по пути от эмиттера к коллектору, равную току базы:

$$i_б = i_э - i_к.$$

Поэтому при таком включении входное сопротивление транзистора оказывается в десятки раз выше, чем у схемы с общей базой, появляется заметное усиление по току и сохраняется практически прежнее усиление по напряжению.

Иногда применяется третья схема включения транзистора — *с общим коллектором*. Эта схема (рис. 20) похожа по своим свойствам на схему катодного повторителя с электронной лампой: усиление по напряжению отсутствует ($u_{вых} \approx u_{вх}$), входное сопротивление особенно велико (до единиц мегом), выходное сопротивление очень мало (десятки ом). Однако эта схема дает небольшое усиление по

мощности и применяется только в особых случаях.

В отличие от ламповых схем усиление устройств с транзисторами, как правило, оценивают с помощью коэффициента усиления по мощности.

Как известно, лампа в наиболее распространенной схеме включения (с общим катодом) требует шунтирования входной цепи (сетка — катод) сопротивлением, существенно меньшим (0,2—1 *Мом*), чем входное сопротивление собственно лампы (десятки мегом). Обычно еще меньшие значения сопротивлений (десятки и сотни килоом) приходится выбирать для нагрузочных сопротивлений. При этом для возбуждения собственно лампы очередного каскада тратится ничтожно малая доля всей мощности, создаваемой предыдущим каскадом и в основном рассеиваемой в схемных сопротивлениях. Поэтому вопрос об усилении по мощности в ламповых схемах обычно отступает на задний план.

У транзисторов же из-за присущего им относительно низкого входного сопротивления довольно легко избежать существенных потерь мощности усиливаемого сигнала в схемных элементах и передавать на возбуждение следующего транзистора основную часть всей мощности, развиваемой предыдущим транзистором. Поэтому более наглядным и правильным оказывается рассмотрение коэффициента усиления по мощности, тем более что задачей всякого усилителя в конечном счете является именно усиление мощности сигнала.

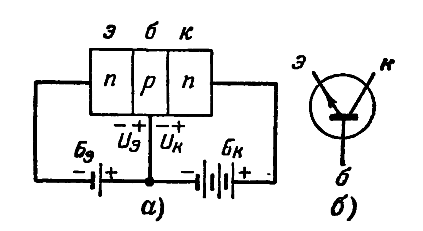


Рис. 21. Схема подачи питания на электроды транзистора типа *n—p—n* (*а*) и условное обозначение такого транзистора (*б*) (ср. с рис 15).

Все сказанное о транзисторах типа *p—n—p* может быть перенесено и на транзисторы типа *n—p—n*, если только не забыть о том, что функции электронов и дырок у них противоположные. В связи с этим и полярности питающих напряжений для транзисторов типа *n—p—n* обратные (рис. 21).

Наличие транзисторов, имеющих противоположные полярности питания, позволяет осуществлять ряд оригинальных схем, отсутствующих в ассортименте ламповых схем.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

А М. Бройде, Электронные лампы и полупроводниковые приборы (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1958.

Кратко освещены основные этапы развития ламповой и полупроводниковой электроники и намечены ближайшие перспективы ее развития. Охарактеризованы современные типы электровакуумных и полупроводниковых приборов. В заключение, отвечая на вопрос, будут ли электровакуумные приборы заменены полупроводниковыми, автор утверждает, что вакуумная электроника и полупроводниковая электроника будут в дальнейшем не исключать, а дополнять друг друга. Но в многоламповой и портативной аппаратуре, где применение полупроводниковых приборов в первую очередь благодаря низким питающим напряжениям и непревзойденной экономичности сулит резкое снижение веса и габарита, они станут основными электронными приборами.

В. Гуров, Полупроводники в технике и в быту, Изд. «Московский рабочий», 1958.

Весьма популярный рассказ о том, что такое полупроводники, для чего они нужны и где используются. Приводится много примеров возможного использования полупроводников.

В первых главах книги кратко изложены основные положения науки о строении вещества и физике процессов электропроводности.

И. П. Жеребцов, Радиотехника, изд. 4-е, переработанное, Связьиздат, 1958.

Гл. 4 и 11, содержащие свыше 100 страниц, посвящены электронным лампам и полупроводниковым приборам. Изложение материала рассчитано на читателей, имеющих общеобразовательную подготовку в объеме 7 классов.

В. К. Лабутин, Простейшие конструкции на полупроводниковых триодах (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1958.

На примерах описания простейших конструкций с транзисторами брошюра знакомит читателя с общими принципами действия и особенностями транзисторов и с основами их применения в приемно-усилительной аппаратуре.

В Л. Савченко, Полупроводники на старте, Детгиз, 1958.

Популярная и доходчивая книга о свойствах полупроводников и тех процессах, которые в них происходят.

Н. М. Изюмов и Д. П Линде, Основы радиотехники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

В книге есть главы, посвященные электронным лампам и полупроводниковым приборам.

Е. А. Колязин, Полупроводники и их применение на судах, Изд. «Морской транспорт», 1959.

Изложены физические процессы, происходящие в полупроводниках, описаны принципы работы различных полупроводниковых приборов и примеры практического применения их на судах и в промышленности.

В помощь радиолюбителю, вып. 7, Изд. ДОСААФ, 1959.

В сборнике есть статья В. Анисимова «Новые типы радиоламп и их применение». О батарейных и сетевых лампах в пальчиковом и сверхминиатюрном оформлении.

В помощь радиолюбителю, вып. 8, Изд. ДОСААФ, 1959.

В сборнике есть статья Э. Борноволокова «Как пользоваться характеристиками электронных ламп».

В помощь радиолюбителю, вып. 8, Изд. ДОСААФ, 1959.

В сборнике есть статья «Полупроводниковые диоды и триоды».

Л. Т. Эгер, Основы электроники, перевод с английского под редакцией проф. Б. П. Козырева, Судпромгиз, 1959.

Книга содержит основные сведения о принципах действия и устройстве электронных и ионных приборов, их применении для усиления напряжения и мощности, генерирования, детектирования и т. п.

Автором рассмотрена сущность явлений, конкретно разобран основной материал, приведено много принципиальных схем и графиков. Математика использована в ограниченной степени, и это удобно для читателя, впервые приступающего к изучению новой для него области знаний.

Существенным достоинством книги является также наличие большого количества задач и примеров, приведенных в конце каждой главы, а также серии контрольных вопросов, помещенных в заключение изложения всего материала.

Е. Борисов и И. Пяткова, Ключ к солнцу, Рассказы о полупроводниках, Изд. «Молодая гвардия», 1960.

В доходчивой форме авторы объясняют принципы действия полупроводниковых приборов и рассказывают об их использовании в радиотехнике и электронике.

И. П. Жеребцов, Основы электроники (Массовая радиобиблиотека, учебная серия), Госэнергоиздат, 1960.

На протяжении 13 глав этого радиолюбительского учебника рассматриваются физические основы, устройство и работа электронных, ионных и полупроводниковых приборов, а также их важнейшие свойства, характеристики и параметры.

Книга предназначена для широкого круга читателей, интересующихся электроникой и имеющих элементарные знания по физике и электротехнике.

Е. А. Левитин, Электронные лампы, изд. 2-е, дополненное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

Книга знакомит читателя с наиболее распространенными электронными лампами. Основное внимание уделено описанию физических процессов, на которых основана работа электронных ламп.

А. М. Бройде и Ф. И. Тарасов, Справочник по радиолампам и полупроводниковым приборам (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Содержит справочные сведения об отечественных и некоторых типах зарубежных приемно-усилительных радиоламп, кенотронах, генераторных лампах малой и средней мощности, кинескопах, осциллографических трубках, стабилизаторах напряжения и тока, полупроводниковых диодах и транзисторах

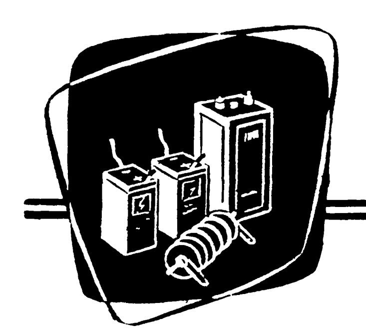
Рассчитана на широкие круги радиолюбителей.

С. Л. Давыдов, И. П. Жеребцов, Ф. Л. Левинзон и А. Б. Александров, Радиотехника, изд. 3-е, исправленное и дополненное, Воениздат, 1961.

В это издание введено описание полупроводниковых приборов.



Глава восьмая



ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ РАДИОПРИЕМНИКА

ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ [1]

При растворении кислот, солей и щелочей в воде их молекулы распадаются на две части, заряженные разноименным электричеством. Такие заряженные частицы называются *ионами*. В водных растворах одним из ионов является ион металла или водорода, заряженный положительно (атомы этих веществ потеряли один или несколько электронов). Другим ионом является оставшаяся часть молекулы, получившая потерянные атомами металла или водорода электроны и поэтому заряженная отрицательно.

Водный раствор вещества с распавшимися на ионы молекулами сравнительно хорошо проводит электрический ток и называется *электролитом*.

При погружении в электролит какого-либо металла между электролитом и металлом начинается химическое взаимодействие. Например, при погружении цинковой пластинки в раствор серной кислоты атомы цинка, оставляя на пластинке по два своих электрона, начинают переходить в раствор в виде положительных ионов, в результате чего цинковая пластинка, обогащаясь электронами, заряжается отрицательно (рис. 1). В то же время раствор, получая положительные ионы цинка, заряжается положительно.

Такое растворение цинка будет продолжаться до тех пор, пока отрицательный заряд цинковой пластинки, а следовательно, и сила притяжения ею положительно заряженных ионов цинка не уравновесят стремления ионов цинка отрываться от пластинки и переходить в раствор.

Различные металлы обладают различной способностью растворяться в данном электролите и заряжаются до разных потенциалов. Следовательно, если в электролит погрузить две пластинки из различных металлов, то между ними появится некоторая разность потенциалов. Для каждой пары металлов характерна определенная разность потенциалов.

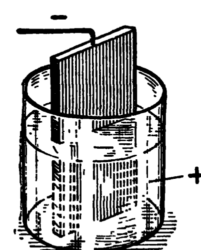


Рис. 1. Цинковая пластинка при погружении в раствор серной кислоты начинает растворяться; при этом она заряжается отрицательно.

Одну из металлических пластинок можно заменить нерастворяющейся в электролите угольной пластинкой. Тогда угольная пластинка приобретает потенциал раствора, а между нею и металлической пластинкой устанавливается разность потенциалов, необходимая для уравновешивания стремления данного металла к растворению.

Погрузив в раствор электролита две пластинки из различных металлов (или металлическую и угольную пластинки), получают простейший химический источник разности потенциалов, или химический источник электрической энергии, называемой *гальваническим элементом*. Наиболее употребительной парой, применяющейся в современных гальванических элементах, являются цинк и уголь.

При соединении угольной и цинковой пластинок гальванического элемента внешним проводником электроны, скопившиеся на цинковой пластинке, начнут двигаться к угольной пластинке. Образующийся на цинковой пластинке недостаток электронов нарушит установившееся равновесие, и цинковая пластинка опять начнет отдавать свои ионы в раствор. В то же время приходящие на угольную пластинку электроны начнут соединяться с положительными ионами водорода, находящимися в растворе вблизи угольной пластинки, превращая их в нейтральные атомы (молекулы серной кислоты при растворении в воде распадаются на положительные ионы водорода и отрицательные ионы кислотного остатка). В результате на угольной пластинке будут выделяться пузырьки водорода. Следовательно, за счет химической реакции цинка с раствором серной кислоты на пластинках, или электродах, элемента будет поддерживаться постоянная разность потенциалов, или э. д. с.

Электродвижущая сила элемента зависит только от свойств веществ, из которых он состоит, и не зависит от его формы, размеров, конструкции и т. п.

На схемах химические источники электрической энергии изображаются в виде двух черточек: положительный электрод — в виде длинной и тонкой, а отрицательный — в виде короткой и толстой (рис. 2).

[1] Ю. В. Костыков и Л. Н. Ермолаев, Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1961.

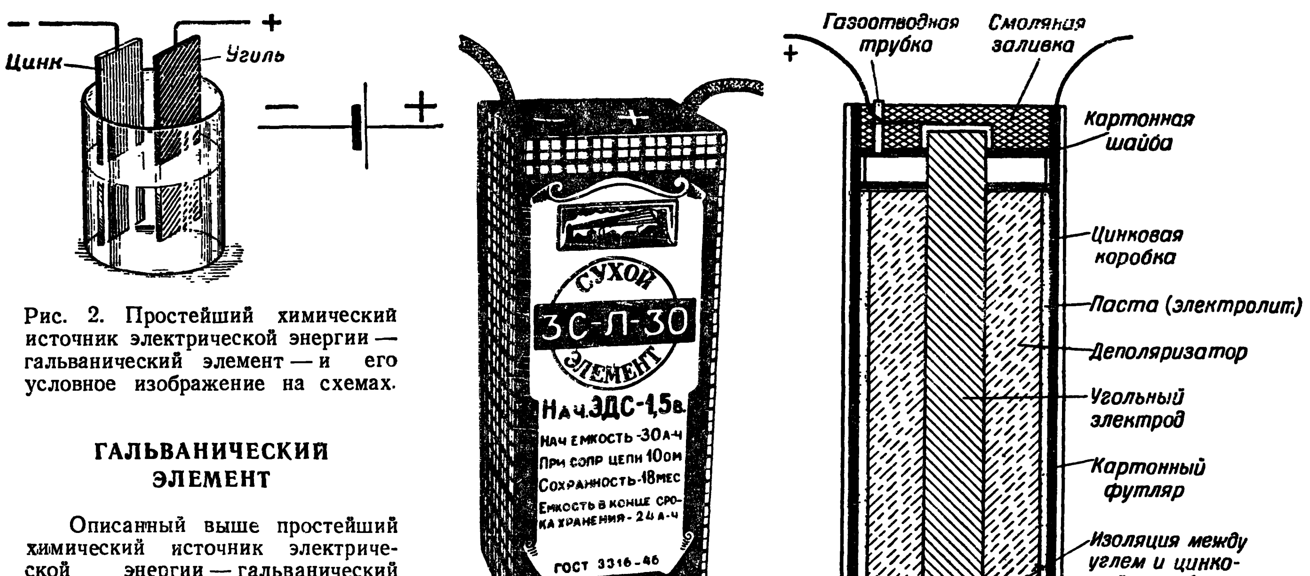


Рис. 2. Простейший химический источник электрической энергии — гальванический элемент — и его условное изображение на схемах.

Рис 3. Внешний вид и устройство сухого угольно-цинкового элемента

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ

Описанный выше простейший химический источник электрической энергии — гальванический элемент, состоящий из цинковой и угольной пластинок, погруженных в раствор кислоты, — практически не может быть использован для питания радиоустройств из-за присущего ему большого недостатка. Как отмечалось, при работе такого элемента на угольной пластинке выделяются пузырьки водорода, в результате чего через очень непродолжительное время вся угольная пластинка оказывается покрытой слоем этих пузырьков, которые, во-первых, препятствуют прохождению тока и, во-вторых, уменьшают э. д. с. элемента. Это явление носит название *поляризации элемента.*

Чтобы уничтожить или хотя бы уменьшить вредное влияние поляризации, положительный угольный электрод элемента покрывают особыми веществами — *деполяризаторами*, которые легко соединяются с водородом.

В зависимости от применяемого электролита, материала электродов и деполяризатора получается тот или иной тип гавальнического элемента.

Наибольшее распространение в радиотехнике получили угольно-цинковые элементы. В них электродами служат угольная и цинковая пластинки, электролитом — 15-процентный раствор нашатыря, а деполяризатором — перекись марганца. Перекись марганца — вещество, богатое кислородом. Кислород может легко отделяться от перекиси марганца (перекись марганца переходит в окись марганца) и соединяется с образующимся возле угольного электрода водородом, образуя воду.

В настоящее время промышленностью выпускаются *сухие* и *водоналивные* угольно-цинковые элементы.

Устройство сухого гальванического элемента показано на рис. 3. Элемент состоит из цинковой коробки, являющейся одновременно отрицательным полюсом, угольного электрода, служащего положительным полюсом, деполяризатора и электролита.

Деполяризатор представляет собой плотно спрессованную массу, покрывающую угольный электрод и заключенную в холщевый мешочек. Основу этой массы составляет перекись марганца. К обоим электродам элемента присоединены изолированные проводники. В электролит добавляются крахмал или мука, чтобы получилась непроливающаяся желеобразная масса.

Элемент помещают в картонный футляр, а сверху для предохранения от высыхания его заливают слоем смолы.

В водоналивных элементах вместо сгущенного электролита помещают сухой нашатырь. В таком состоянии эти элементы могут храниться продолжительное время. Перед употреблением в элемент через специальные отверстия наливается чистая вода, растворяющая нашатырь.

В последние годы стали широко применяться элементы *с воздушной деполяризацией.* Угольные электроды этих элементов имеют особую форму и подвергаются специальной обработке. При работе элемента такой электрод своей верхней, наружной, частью поглощает кислород воздуха, а нижней, погруженной в электролит,— водород, образующийся у положительного полюса. В пóрах угольного электрода эти газы химически соединяются, образуя воду. Таким образом, водород устраняется из элемента, чем достигается уменьшение поляризации.

Встречаются элементы и с комбинированной — марганцевой и одновременно воздушной — деполяризацией (элементы МВД).

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

Угольно-цинковый элемент дает э. д. с. около 1,5 *в*. Электродвижущая сила элемента не зависит ни от размеров, ни от формы, ни от конструкции элемента, а зависит только от материала электродов и от состава электролита.

Величина же тока, которую можно получить от элемента, целиком определяется его размерами, точнее площадью его электродов. Чем больше поверхность электродов, тем больший ток может дать элемент. Для каждого типа элемента существует некоторая максимально допустимая величина тока, или *максимально допустимый разрядный ток.* При токе большем, чем допустимый разрядный, происходит усиленная поляризация элемента, с которой не справляется деполяризатор, вследствие чего э. д. с. элемента быстро падает и элемент портится.

В зависимости от количества химических веществ в элементе (цинка электролита и деполяризатора) он

может дать то или иное количество электричества. Количество электричества, которое элемент может отдать при разряде, называется емкостью элемента.

Емкость элемента принято измерять в *ампер-часах* (*а·ч*).

Ампер-час — количество электричества, протекающего по проводу в течение одного часа при величине тока в один ампер. Если, например, емкость элемента равна 100 *а·ч*, то при максимальном разрядном токе 0,15 *а* он будет давать ток в течение 100 : 0,15=667 *ч*.

КИСЛОТНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Если сделать элемент из двух свинцовых пластин, погруженных в раствор серной кислоты, то вследствие их однородности никакой разности потенциалов между этими пластинами не будет. Поэтому нельзя будет использовать этот элемент как источник электрической энергии. Однако если через такой элемент пропустить постоянный электрический ток, то электролит начнет разлагаться: на одной свинцовой пластине станет выделяться кислород, отчего она начнет окисляться и поверхностный слой ее превратится в перекись свинца; на другой свинцовой пластине будет выделяться водород.

В результате такого процесса, называемого зарядом, пластины в электролите уже не будут однородными, между ними появится разность потенциалов; следовательно, такой элемент можно использовать как источник электрической энергии (рис. 4).

При использовании такого элемента в качестве источника электрической энергии перекись свинца на одной пластине и чистый свинец на другой превращаются в сернокислый свинец. Когда вся перекись свинца израсходуется, элемент разрядится и э. д. с. его исчезнет.

Элементы, требующие для своего действия предварительного заряда электрическим током, называются *аккумуляторами*, или вторичными элементами, в отличие от первичных гальванических элементов, не требующих для своего действия никакого заряда.

Казалось бы, какой смысл изготовлять элементы, да еще заряжать их, когда можно сделать сразу готовые к действию элементы, не требующие предварительного заряда. Оказывается, смысл есть. Дело в том, что аккумуляторы после использования можно опять зарядить и, таким образом, сделать их вновь пригодными к использованию. Заряжать аккумуляторы при правильной их эксплуатации можно много десятков и даже сотни раз.

Слово «аккумулятор» означает «накопитель». Аккумуляторы при заряде как бы накапливают электрическую энергию, а при разряде отдают ее потребителю. Гальванические же элементы после первого использования фактически приходят в негодность; зарядить их уже нельзя, и поэтому к дальнейшему использованию они уже непригодны.



Рис. 4. Устройство простейшего аккумулятора.

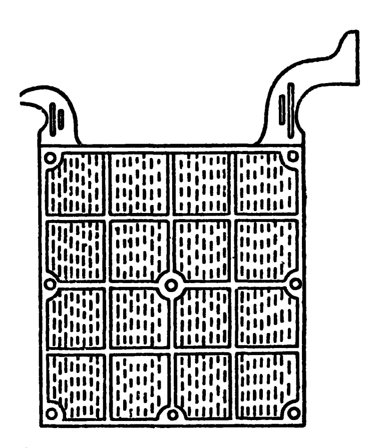


Рис. 5. Решетчатая аккумуляторная пластина.

Рассмотренный простейший аккумулятор обладает очень маленькой емкостью и поэтому может давать ток очень непродолжительное время. Для увеличения емкости аккумулятора пластину его изготовляют в виде решетки (рис. 5), в отверстие которой набивают особую активную массу. Кроме того, для увеличения емкости аккумулятор после изготовления подвергают многократному заряду-разряду — формовке, в процессе которой емкость его еще более возрастает.

Напряжение, создаваемое кислотным аккумулятором сразу после заряда, равно 2,7 *в*; при включении его на нагрузку это напряжение быстро падает до 2 *в*. На этом уровне оно держится довольно продолжительное время, а затем снова начинает быстро падать. Емкостью кислотных аккумуляторов, измеряемой в ампер-часах, называется количество электричества, которое аккумулятор может отдать при разряде его от 2,7 до 1,85 *в*.

Как и для элементов, для каждого типа аккумулятора существует максимальный разрядный ток. Превышение этого тока, а также короткое замыкание аккумулятора ведут к разрушению его пластин и порче аккумулятора. Чрезмерно большой зарядный ток также вредно сказывается на аккумуляторе, снижая срок его службы.

ЩЕЛОЧНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Кроме кислотных аккумуляторов со свинцовыми электродами, широко применяются *щелочные* аккумуляторы, электролитом в которых служит раствор едкого кали, а электродами являются железные никелированные рамки, удерживающие пакеты с активной массой (рис. 6). В положительных пластинах активной массой является гидрат окиси никеля в смеси с графитом, а в отрицательных — кадмий и окись железа. Аккумуляторы этого типа иногда называют также *кадмиево-никелевыми* или — сокращенно — аккумуляторами типа КН.

Сосуды щелочных аккумуляторов обычно изготовляются из листового железа с гофрированными для повышения механической прочности стенками (рис. 7).

Щелочные аккумуляторы по сравнению с кислотными значительно удобнее в эксплуатации. Они не боятся коротких замыканий, тряски, толчков и могут

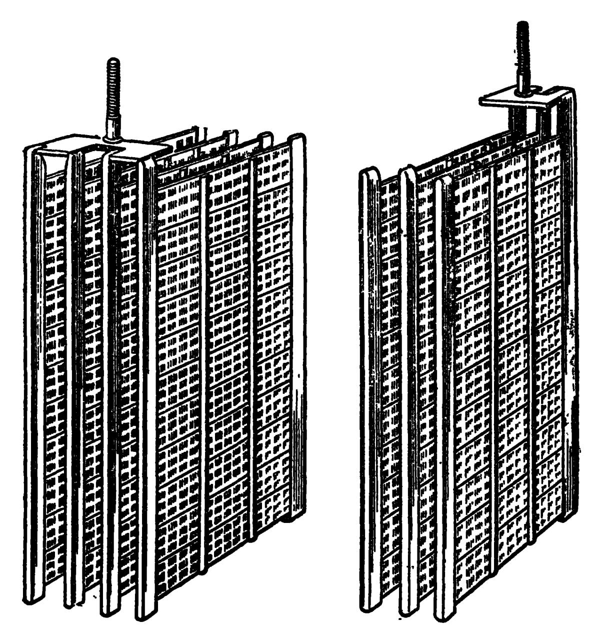


Рис. 6. Пластины щелочного аккумулятора.

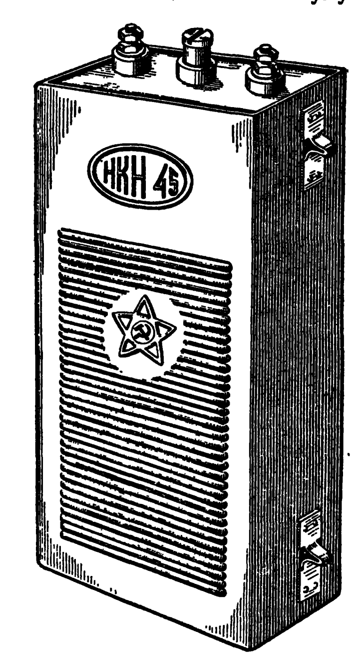


Рис. 7. Банка щелочного аккумулятора.

долго находиться в разряженном состоянии. Кроме того, они легче. Однако напряжение одного элемента у щелочных аккумуляторов составляет всего 1,25 *в*, т. е. значительно меньше, чем у кислотных.

СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ И АККУМУЛЯТОРОВ

Если э. д. с. или емкость элемента (аккумулятора) оказывается недостаточной, то элементы (аккумуляторы) соединяют в группы, называемые *батареями*.

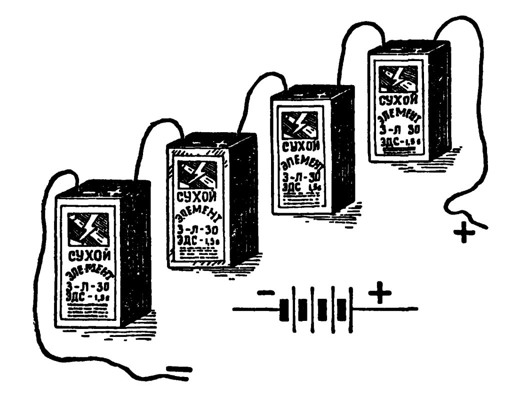


Рис. 8. Последовательное соединение элементов.

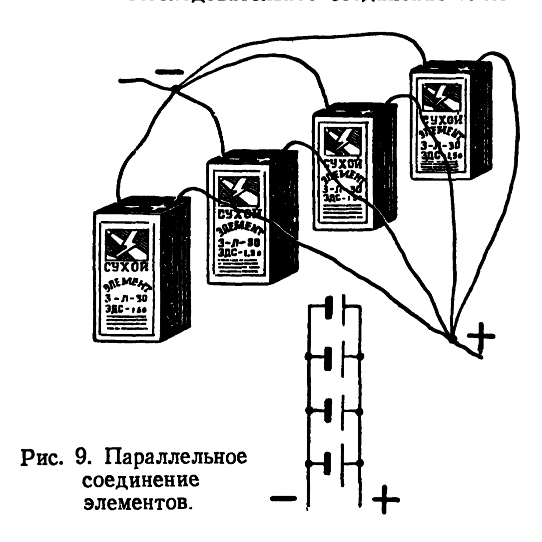


Рис. 9. Параллельное соединение элементов.

Так, для питания цепей накала ламп бывают необходимы источники питания напряжением 6 *в*, а для питания анодных цепей 80—120 *в*. В этих случаях применяют *последовательное соединение* элементов или аккумуляторов в батареи (рис. 8).

При последовательном соединении элементов или аккумуляторов отрицательный полюс первого из них соединяют с положительным полюсом второго, отрицательный полюс второго — с положительным полюсом третьего и т. д. Оставшиеся свободными положительный полюс первого элемента и отрицательный последнего образуют соответствующие полюсы батареи. Напряжение такой батареи равно сумме напряжений, создаваемых отдельными элементами. Поэтому, соединяя последовательно элементы, можно получить батарею любого напряжения.

Но от последовательно соединенных элементов нельзя получить ток большей величины, чем может дать один элемент. Поэтому для получения тока большей величины применяется способ *параллельного соединения* элементов (рис. 9).

При этом способе все положительные полюсы элементов соединяют вместе, образуя положительный полюс батареи, а все отрицательные также соединяют вместе, образуя отрицательный полюс. В результате получается как бы один элемент с увеличенной площадью поверхности пластины, но только разделенный на части, которые размещены по разным сосудам.

В аккумуляторах очень часто такие параллельно соединенные пластины помещают в одном сосуде, т. е.

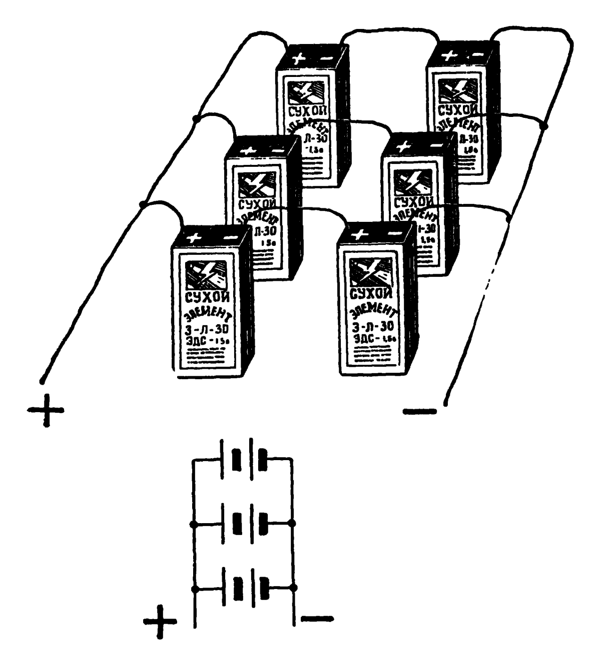


Рис. 10. Смешанное соединение элементов.

делают один аккумулятор с параллельно соединечными пластинами и увеличенной соответственно емкостью.

Напряжение батареи из параллельно соединенных элементов равняется напряжению одного элемента. Электрическая же емкость и допустимый разрядный ток равняются сумме емкостей и сумме допустимых разрядных токов всех параллельно соединенных элементов.

Если необходимо получить одновременно повышенное напряжение и значительную величину тока, применяют *смешанное соединение*, при котором для получения нужного напряжения элементы соединяют последовательно, а затем несколько таких групп для получения необходимой величины тока соединяют параллельно (рис. 10).

ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Теоретически гальванический элемент должен давать ток до полного растворения отрицательного электрода (обычно цинка) или до истечения электролита. Но в действительности элемент прекращает работу значительно раньше этого срока. Даже гарантированную заводом емкость элемента не всегда удается использовать.

Чтобы получить от гальванического элемента или батареи максимально возможное количество энергии, необходимо строго соблюдать правила их эксплуатации. Часто элементы и батареи перестают работать из-за высыхания электролита. Это происходит особенно быстро, если элемент находится в теплом помещении. Поэтому для увеличения срока службы *элементы и батареи должны находиться в прохладном помещении.* Их нельзя располагать вблизи печей, батарей центрального отопления и т. п.

Гальванические элементы даже в нерабочем состоянии — при хранении — подвержены саморазряду. Несмотря на отсутствие внешних цепей, энергия элемента расходуется по всевозможным побочным путям. Особенно способствует саморазряду элементов сырость, при которой отсыревшие бумажные и картонные оболочки и прокладки в элементах начинают проводить ток, вследствие чего элементы быстро истощаются. Саморазряд увеличивается также из-за грязи и пыли, покрывающих элементы и батареи. Поэтому элементы и батареи нужно хранить в сухом месте и тщательно оберегать от грязи и пыли.

Вследствие саморазряда и высыхания элементы постепенно теряют свою емкость. Поэтому заводы, изготовляющие элементы, указывают на этикетках время их изготовления и срок годности. В среднем этот срок равен 1 году.

Мы знаем, что э. д. с. какого-либо источника электрической энергии расходуется как во внешней цепи на преодоление ее сопротивления, так и внутри самого источника тока на преодоление его внутреннего сопротивления.

То же самое можно сказать и о мощности, развиваемой элементом, и о работе, которую он может совершить.

По закону Ома величина тока, создаваемого каким-либо источником, равна частному от деления его э. д. с. на сопротивление всей замкнутой цепи, которое состоит из сопротивления внешней цепи и внутреннего сопротивления источника электрической энергии.

В гальванических элементах при потреблении тока сверх максимально допустимой величины внутреннее сопротивление их начинает резко возрастать вследствие усиленной поляризации, с которой не справляется деполяризатор. Это приводит к уменьшению тока элемента, а следовательно, и к уменьшению его емкости. Часть энергии, бесполезно теряющейся внутри элемента, резко возрастает, а полезная энергия, приходящаяся на внешнюю нагрузку, резко уменьшается.

Вот почему *при использовании гальванических элементов не следует разряжать их током предельной величины.* При небольшом разрядном токе меньшая часть энергии элементов будет израсходована внутри них и бо́льшая — во внешней цепи. Количество электричества, отдаваемого при этом элементом во внешнюю цепь, т. е. емкость элемента, будет больше. Практика показала, что, составляя батарею элементов, выгоднее добавить одну лишнюю параллельную группу элементов, чем заставлять элементы работать с перегрузкой.

Очень вредно сказывается на работе элементов короткое замыкание их. Поэтому недопустимо, например, определять качество батареи по величине искры, даваемой батареей при коротком замыкании. Каждая такая проба намного сокращает срок службы батареи.

Может случиться, что при беспрерывной многочасовой работе элементов деполяризатор не будет справляться с поляризацией и, как при чрезмерно большом токе, внутреннее сопротивление элементов возрастет, вследствие чего доля бесполезно расходуемой электроэнергии что внутри элемента также увеличится. Поэтому элементы не следует эксплуатировать много часов подряд. Через каждые 1—2 *ч* им надо давать отдых.

Для облегчения условий работы элементов и батарей с марганцево-воздушной деполяризацией их вентиляционные отверстия при работе должны быть обязательно открыты. По окончании работы для предохранения электролита от испарения эти отверстия следует плотно закрыть пробками.

Обычно новые батареи подбирают так, чтобы они давали напряжение, значительно большее, чем требуется для приемника. Например, для питания накала ламп двухвольтовой серии включают последовательно два элемента, которые первое время дают напряжение около 3 *в*. Для поглощения излишнего напряжения и

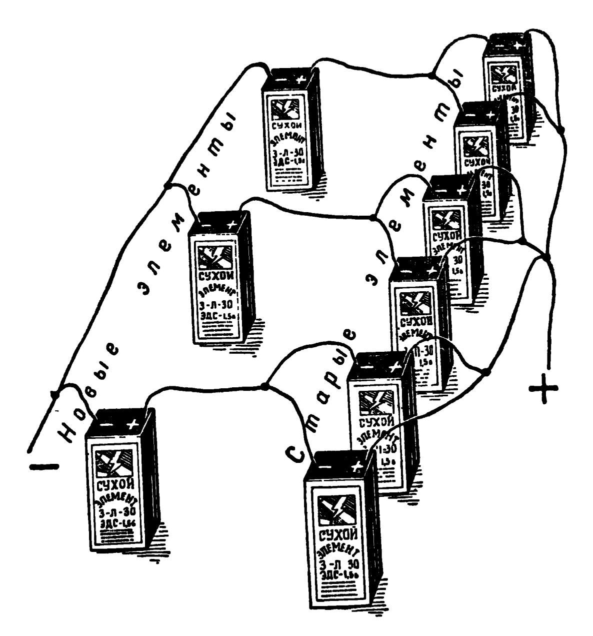


Рис. 11. Схема соединения элементов, позволяющая более полно использовать их емкость.

установления в цепи накала ламп тока нужной величины в батарейных приемниках несбходимо применять особое переменное сопротивление — реостат накала.

После некоторого периода напряжение элементов вследствие возрастания их внутреннего сопротивления снижается; тогда, уменьшая сопротивление реостата, можно снова установить напряжение накала, равное 2 *в*. При длительной работе элементов напряжение их в конце концов упадет до 0,9 *в* на элемент; тогда даже при выключенном реостате напряжение батареи окажется недостаточным для нормального накала ламп и приемник начнет работать заметно хуже. Но это не значит, что вся энергия элементов израсходована и их следует заменять. Как показали исследования, при разряде элемента до 0,9 *в* он отдает около половины своей емкости.

Как же использовать вторую половину емкости элемента?

Если, предположим, для питания накала ламп приемника «Родина» применяется батарея из шести элементов 6С-МВД, соединенных по схеме, показанной на рис. 11, и напряжение ее при работе понизилось до 1,8 *в*, следует оба элемента в каждой группе батареи соединить параллельно и присоединить к ним последовательно по одному новому элементу (рис. 11). В результате такого включения напряжение батареи повысится примерно до 2,3 *в*, каждый из старых элементов будет отдавать вдвое меньший ток, и поэтому они смогут работать еще довольно долгое время. Когда, наконец, напряжение батареи опять понизится до 1,8—1,9 *в*, старые элементы успеют почти полностью разрядиться и их нужно будет заменить свежими.

Элементы типа МВД после разряда можно восстановить, для чего надо через вентиляционные отверстия влить 25—40 *см*³ кипяченой остуженной воды. Через сутки после такого «восстановления» элемент вновь можно включать на разряд, и он будет работать еще значительный срок.

При составлении анодных батарей следует помнить, что приемники могут работать и при значительно пониженных анодных напряжениях. Например, приемник «Родина», для которого нормальное анодное напряжение равно 120 *в*, неплохо работает при напряжении 100, 90 и даже 80 *в*. Поэтому целесообразно включать полностью по две батареи БАС-Г-60-л-1,3. Гораздо выгоднее присоединить к одной батарее бо́льшую часть второй батареи, а меньшую часть оставить в запасе и присоединить ее после того, как напряжение работающей батареи упадет примерно до 80—90 *в* (звук в приемнике станет заметно тише).

Когда напряжение двух батарей, включенных полностью, опять станет ниже 80—90 *в*, к ним надо подключить еще половину свежей батареи. Когда все же через некоторое время напряжение снова резко понизится, старые батареи окажутся полностью разряженными и их можно будет выбросить, а к третьей (дополнительной) батарее подключить новую. При использовании трех батарей типа МВД-45 или Б-2С-45 их также не следует включать сразу полностью; нужно включить сначала только две, затем присоединить половину третьей, затем — третью целиком и т. д.

При таком способе использования батарей они действительно смогут дать емкость, указанную на этикетках.

НОВЫЕ ТИПЫ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

СЕРЕБРЯНО-ЦИНКОВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ[1]

К недостаткам существующих кислотных и щелочных аккумуляторов относятся: небольшая удельная емкость[2] (у кислотных аккумуляторов 8 *а·ч/кг*, у щелочных — всего 3 *а·ч/кг*), сравнительно большой саморазряд, невысокий к. п. д. (особенно у щелочных аккумуляторов), невозможность использования при пониженном атмосферном давлении. Серебряно-цинковые аккумуляторы этих недостатков не имеют.

На рис. 1 показано устройство серебряно-цинкового аккумулятора. Собран он в пластмассовой банке. Отрицательным электродом служат пластины из смеси окиси цинка и цинкового порошка, положительным — пластины из чистого серебра. Каждая отрицательная пластина помещена в пакет из целлюлозного вещества, которое имеет хорошую проницаемость для электролита. Каждая положительная пластина помещена в специальную капроновую ткань, стойкую к щелочи. Это надежно предохраняет разноименные пластины от короткого замыкания и в то же время обеспечивает достаточную площадь соприкосновения электролита с активной массой пластин. При сборке аккумулятора электроды плотно прижимают один к другому и устанавливают непосредственно на дно банки. Ввиду высокой проводимости и прочности материала пластин отпадает надобность в применении специальных решеток. Вибраций и ударов аккумулятор не боится.

Электролитом служит раствор едкого кали (КОН) плотностью 1,4. Для работы аккумулятора требуется небольшое количество электролита. Это дает возможность использовать аккумулятор в любом положении — горизонтальном или вертикальном. Во время заряда аккумулятор должен находиться только в вертикальном положении. Пробка водонепроницаема. Открывается она во время заряда.

---

[1] С. Н. Тихонов, Основы электрорадиотехники, Воениздат, 1959.

[2] Под удельной емкостью следует понимать емкость, отнесенную к единице веса одной банки аккумулятора.

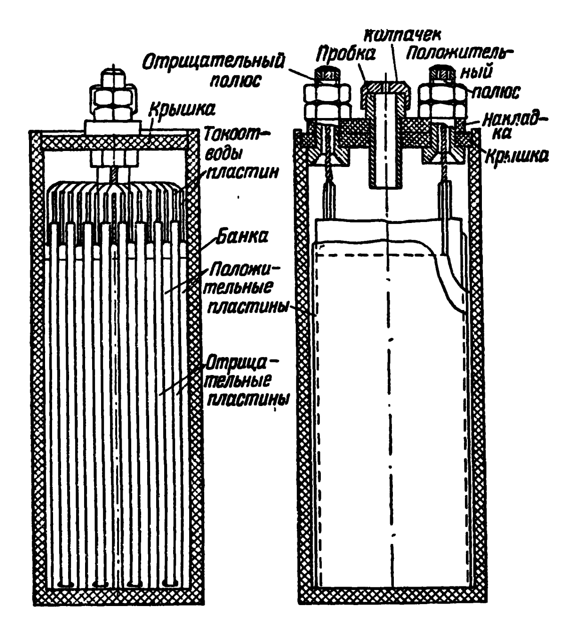


Рис. 1. Устройство серебряно-цинкового аккумулятора.

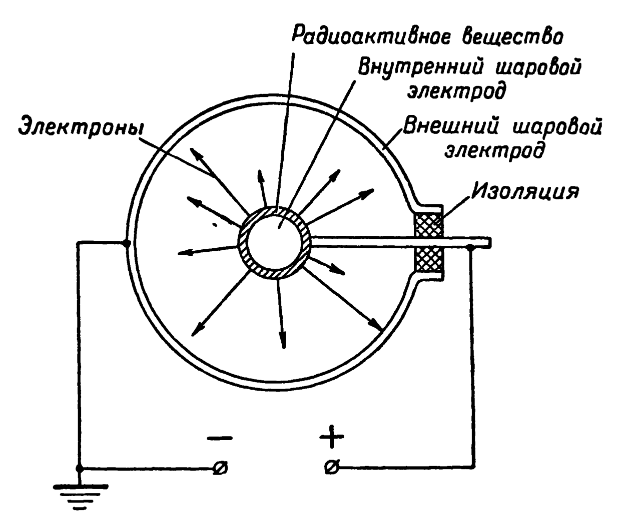


Рис. 2. Схематическое устройство шаровой высоковольтной атомной батареи.

Аккумулятор заряжается при напряжении 2,1 *в*. Допускается быстрый заряд аккумулятора, например до 70—80% номинальной емкости в течение 15 *мин*. Однако, наибольший коэффициент отдачи получается при заряде в течение 10—20 *ч*. Длительное время заряда является одним из основных недостатков серебряно-цинковых аккумуляторов.

Серебряно-цинковые аккумуляторы допускают большую величину разрядного тока. Они имеют малые габариты и вес при относительно большой емкости. Номинальная емкость этих аккумуляторов сохраняется в широком интервале температур. Они хорошо работают на больших высотах.

Поскольку серебро и цинк — дорогое сырье, стоимость этого вида аккумуляторов значительно выше обычных. Несмотря на высокую стоимость, серебряно-цинковые аккумуляторы имеют большую будущность.

АТОМНЫЕ БАТАРЕИ

В атомной электростанции электрическая энергия получается за счет использования тепловой энергии, выделяющейся при делении ядер урана. Электрическую энергию можно получить, и не превращая энергию деления ядер в тепловую. Однако такие источники энергии, или, как их называют, атомные батареи, еще слишком маломощны и поэтому промышленного значения пока не имеют.

Имеются два типа атомных батарей: высоковольтные и низковольтные.

Действие высоковольтной батареи основано на использовании явления радиоактивного распада некоторых элементов. Например, радиоактивным элементом может быть стронций-90, который содержится в отходах атомного производства. Стронций-90 — очень активный источник излучения быстрых бета-частиц (электронов). Энергия этих частиц достаточно велика; они могут пролетать в атмосфере большое расстояние и создавать отрицательный потенциал на электроде, находящемся на некотором расстоянии от радиоактивного вещества. Само же радиоактивное вещество, испуская отрицательно заряженные частицы, становится положительно заряженным электродом (рис. 2), максимальное напряжение которого можно получить от атомной батареи, зависит от энергии испускаемых электронов и качества изоляции между электродами; оно может достигать десятков тысяч вольт. Максимальный ток зависит от числа атомов, распадающихся в течение 1 *сек*. Величина тока этих батарей ничтожно мала.

Потеря мощности атомных батарей происходит за счет уменьшения тока, тогда как напряжение остается постоянным. Эта особенность данных батарей используется в измерительной технике.

Рассмотрим принцип работы низковольтной атомной батареи. На поверхности полупроводника, например германия или кремния, наносится слой радиоактивного вещества, излучаемый этим слоем, поток бета-частиц бомбардирует атомы полупроводника, выбивая из него очень большое количество медленных электронов (рис. 3).

Так как выбитые электроны в полупроводнике могут двигаться только в одном направлении, они накапливаются на металлическом коллекторе, приваренном к другой стороне полупроводника. Между коллектором и полупроводником возникает разность потенциалов. Электродвижущая сила такого элемента достигает 0,2 *в* при величине тока в несколько микроампер

Атомные батареи, обладающие малыми размерами, выгодно использовать в сочетании с полупроводниковыми приборами.

Характерные особенности атомных батарей: большой срок службы (до 20 лет), небольшие размеры, высокая стабильность напряжения и надежность в эксплуатации.

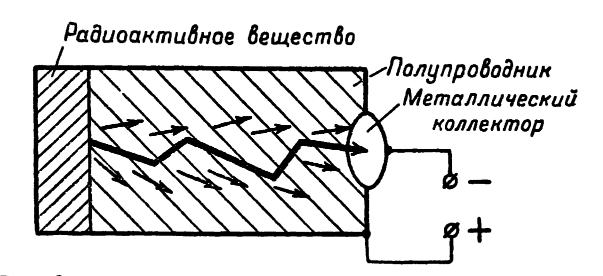


Рис. 3. Схематическое устройство низковольтной атомной батареи.

ПЕЧАТНЫЕ БАТАРЕИ

Для питания радиотехнических схем на полупроводниковых триодах применяются печатные батареи.

Для изготовления такой батареи приготовляют специальную печатную краску, которая служит электролитом. На изоляционное основание (специальная бумага или пластмасса) методом типографского печатания наносят сначала первый слой краски, к которому примешивают мелкие кусочки железа. Под влиянием сильного магнитного поля железные частички располагаются в ряд так, что они начинают касаться друг друга. Когда первый слой высохнет, на него наносят второй слой краски, к которому примешаны мелкие кусочки никеля. Частички никеля также подвергаются воздействию магнитного поля. Таким образом, получается печатный сухой элемент с электродами из железа (минус) и никеля (плюс). Нанося таким образом слои краски один на другой, можно получить батарею необходимого напряжения. Первый и последний слои служат для подключения батареи к схеме.

РТУТНЫЕ БАТАРЕИ

В ртутном элементе электродами служат металлы ртуть и цинк, электролитом служит щелочной раствор. Размеры элемента получаются небольшими. Параллельное и последовательное соединения этих элементов дают ртутную батарею на необходимые напряжения и разрядный ток.

Ртутные батареи предназначаются для питания схем на полупроводниковых приборах и в портативных радиотехнических устройствах карманного типа.

СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ[1]

Солнечная батарея представляет собой устройство, превращающее солнечную энергию в электрический ток. Она состоит из полупроводниковых фотоэлементов, работа которых основана на внутреннем фотоэффекте. К ним относятся меднозакисные, селеновые, германиевые, кремниевые и др. Такие фотоэлементы называются вентильными, или с запирающим слоем; они отличаются от остальных видов тем, что под действием света вырабатывают собственную э. д. с., которая достигает в ряде случаев при прямом солнечном свете десятых долей вольта.

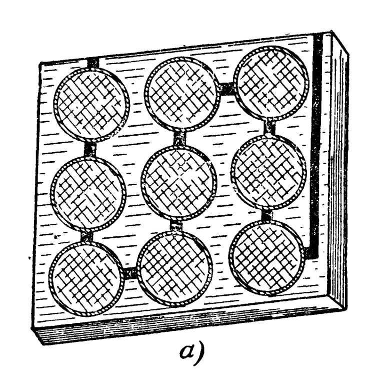
Таким образом, эти фотоэлементы позволяют преобразовать лучистую энергию в электрическую. Их поэтому называют еще фотоэлектрическими преобразователями или просто фотопреобразователями. Наиболее совершенными из фотопреобразователей являются в настоящее время кремниевые. Чистый кремний в природе в свободном состоянии не встречается.

Наиболее распространена двуокись кремния, встречающаяся в виде кварцевого песка или кварца.

Однако процесс получения чистого кремния в силу высоких требований, предъявляемых к аппаратуре и очистке сырья, представляет большие трудности и стоит очень дорого. Но это далеко не все. Чтобы кремниевая пластина могла преобразовать энергию света в электрическую, нужно на поверхность пластины размером в лезвие безопасной бритвы путем нагревания при большой температуре (около 1 300° С) нанести весьма чувствительный к свету тонкий слой бора. Затем поверхности пластинки обрабатываются, чтобы на одной и той же пластинке иметь слой с разными типами проводимости. В результате образуется полупроводниковый прибор, дающий ток под действием солнечных лучей.

[1] По брошюре А. Я. Глибермана и А. К. Зайцевой «Кремниевые солнечные батареи» (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Рис. 1. Типы кремниевых фотопреобразователей, выпускаемых отечественной промышленностью. Токи, указанные на рисунке, соответствуют рабочим напряжениям 400 *мв*.



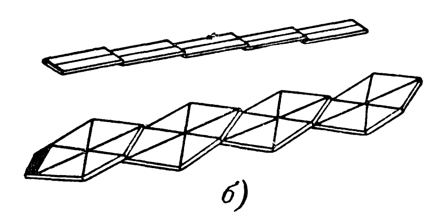


Рис. 2. Способы последовательного соединения преобразователей.

а — соединение с помощью шин (проводов); *б* — соединение внахлест.

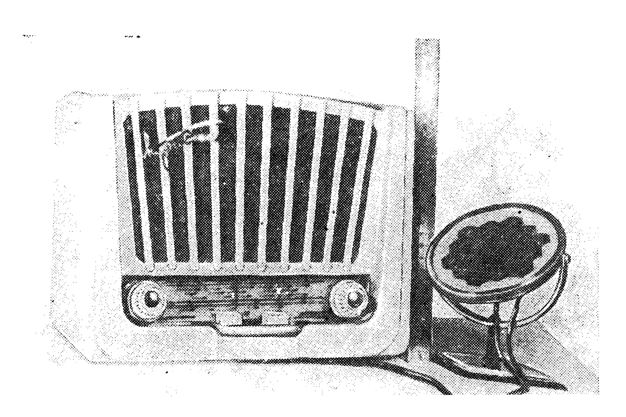


Рис. 3. Радиоприемник „Кристалл", питаемый от солнечной батареи.

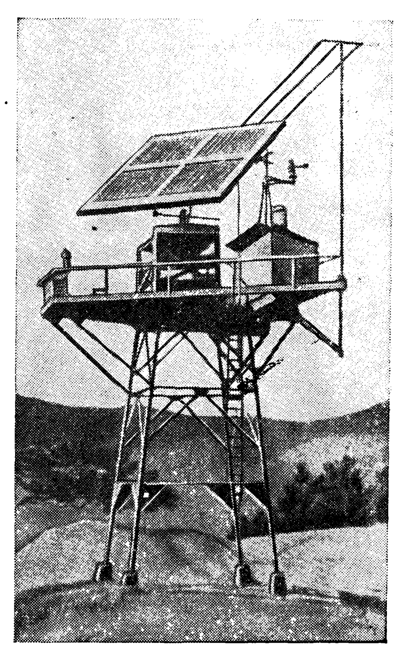


Рис. 4. Автоматическая метеостанция, питающая от солнечной батареи, снабженной системой самонаведения.

В качестве контакта на пластинку кремния наносят слой металла. Для защиты преобразователей от механических повреждений, влаги и загрязнений их заключают в защитные корпуса, а рабочую поверхность покрывают специальным лаком.

На рис. 1 приведены некоторые типы отечественных фотопреобразователей. Чтобы судить об их размерах, надо иметь в виду, что фотопреобразователи на ток 18 *ма* имеют площадь 1 *см*^{2}.

Кремниевые фотопреобразователи соединяются в батареи путем последовательного и параллельного включения. На рис. 2 показаны способы последовательного соединения фотопреобразователей. Электродвижущая сила отдельного элемента не зависит от его площади и колеблется между 0,5—0,55 *в*, а ток определяется площадью прибора и составляет около 20 *ма* на 1 *см*^{2} при прямом освещении в ясную летнюю солнечную погоду. На ВДНХ в 1961 г. демонстрировалась батарея, состоящая из 19 фотопреобразователей с площадью отдельного элемента 3 *см*^{2}. Эта батарея отдает ток порядка 40 *ма* при напряжении 7 *в*.

До сих пор солнечные батареи использовались главным образом в опытном порядке, причем очень эффективным оказалось применение их для питания радиоаппаратуры искусственных спутников Земли.

Есть все основания предполагать, что на ближайшие годы солнечные батареи будут основным источником энергопитания искусственных спутников.

Несомненно, что солнечные батареи будут использоваться для питания транзисторных приемников благодаря большой экономичности последних. Например, батарея напряжением 7 *в*, развивающая ток 40 *ма*, может питать радиоприемник «Кристалл» (рис. 3).

Есть уже и такие батареи, которые дают достаточную энергию для транзисторного приемника при освещении их искусственным светом.

Перспективным является применение солнечных батарей в слуховых аппаратах. В слуховом аппарате одной из фирм США четыре кремниевых фотопреобразователя работали над миниатюрным транзисторным слуховым аппаратом, вмонтированным в одну из дужек оправы очков.

Научно-исследовательский институт часовой промышленности СССР разработал солнечные часы: 10 фотопреобразователей в соединении с аккумулятором обеспечивают круглосуточную работу часов при комнатном свете.

Солнечные батареи смогут питать автоматические метеорологические станции (рис. 4) и заряжать аккумуляторы световых бакенов.

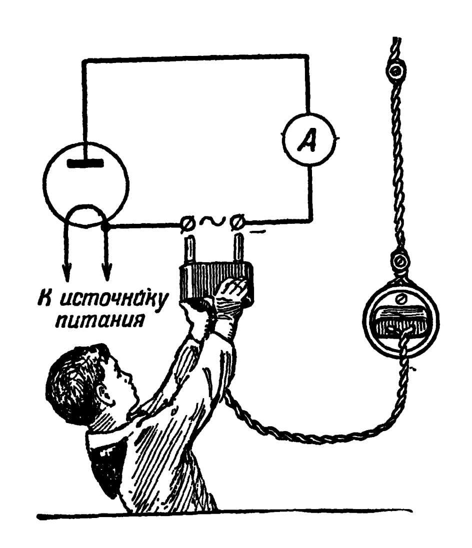
Дебатируется вопрос о создании солнечных электростанций. Но большинство авторов считает, что строить такие станции пока нецелесообразно: для создания электростанции мощностью 1 000 *квт*, работающей с к. п. д. 8% и имеющей буферную батарею аккумуляторов, нужна площадь преобразователей около 5—6 *га*, да и дорог кремний, необходимый для изготовления солнечных батарей. Поэтому считают более рациональным в ближайшем будущем преобразовывать солнечную энергию на месте потребления, создавая небольшие установки для удовлетворения потребностей в электроэнергии отдельных жилых домов. Такие станции на юге нашей страны будут достаточно экономичными и практически вечными. Они будут незаменимы в горных и пустынных районах.

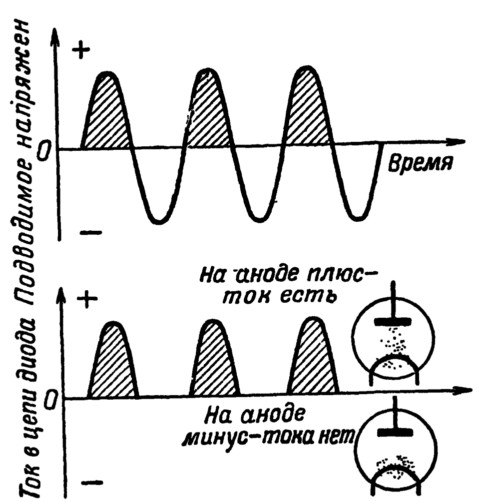
ПИТАНИЕ ЛАМП В СЕТЕВЫХ ПРИЕМНИКАХ [1]

Основным свойством диода является способность пропускать ток только в одном направлении, так как движение потока электронов возможно в лампе лишь от катода к аноду. Это свойство диода, которое иногда называют *односторонней проводимостью*, является весьма ценным. Оно позволяет использовать диод для преобразования переменного тока в постоянный или, как чаще говорят, для выпрямления переменного тока. Способность диода выпрямлять переменный ток широко используется в радиоаппаратуре; в частности, эта способность диода вместе с возможностью применения подогревного катода позволила разрешить проблему питания радиоаппаратуры от осветительной сети переменного тока.

Схема использования диода как выпрямителя

[1] Е. А. Левитин, Электронные лампы (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.





Нормально в цепи переменного тока происходит, как известно, движение электронов то в одну, то в другую сторону. Так как движение электронов представляет собой электрический ток, можно сказать, что в такой цепи ток течет попеременно то в одну, то в другую сторону. Но если в цепь переменного тока включить диод, то характер движения электронов (тока) изменится. Ток будет течь лишь в одну сторону, но отдельными импульсами или толчками. Во время каждого периода будет один толчок тока. Эти толчки будут чередоваться с промежутками, в течение которых тока не будет.

переменного тока очень проста. Между катодом и анодом включен источник переменного тока. Понять процессы, происходящие в этой схеме, лучше всего при помощи графика, показанного выше. Верхняя часть графика изображает напряжение источника переменного тока. Оно изменяется периодически с определенной частотой; характер изменения может быть выражен кривой, носящей название синусоиды. С такой же частотой изменяется и напряжение на аноде лампы относительно ее катода. В течение половины каждого периода напряжение на аноде будет положительным, а в течение второй половины периода — отрицательным. Положительные полупериоды на графике заштрихованы.

Во время положительных полупериодов на аноде лампы мы имеем положительное напряжение и через лампу течет ток. Во время отрицательных полупериодов, когда анод заряжается отрицательно, электроды отталкиваются от анода и ток через лампу не течет. Измерительный прибор, включенный в анодную цепь лампы, будет регистрировать отдельные импульсы или толчки тока, по одному в течение каждой положительной половины периода; следовательно, число таких импульсов в секунду окажется равным частоте переменного тока.

Если источником переменного тока является осветительная сеть, то частота будет равна 50 *гц*. Значит, 50 раз в секунду на аноде диода окажется положительное напряжение и по цепи пройдет толчок или импульс тока. Такой ток называется *пульсирующим*; в данном случае частота пульсации равна 50 *гц*.

Выпрямление осветительного переменного тока является одним из весьма распространенных применений диода. Диоды, предназначенные для этой цели, получили даже специальное название — *кенотронов*. В радиоаппаратуре с питанием от сетей переменного тока и, в частности, в сетевых радиоприемниках применяют чаще всего кенотронные выпрямители.

Однако кенотронный выпрямитель такого простого типа, какой был нами только что описан, лишь в сравнительно редких случаях пригоден для использования. Его недостаток состоит в том, что он дает пульсирующее напряжение. Чтобы разобраться в этом явлении, представим себе, что в цепь нашего выпрямителя включен какой-то потребитель тока — приемник, усилитель или какой-либо другой аппарат. В технике принято называть потребителей, пользующихся энергией из какой-нибудь цепи, нагрузкой. В соответствии с этим сопротивление *R*, олицетворяющее нагрузку, называется сопротивлением нагрузки, нагрузочным сопротивлением, а иногда для краткости и просто *нагрузкой*.

Ток в цепи диода или напряжение на нагрузке

Без конденсатора

С конденсатором

Емкость увеличена

Время

Емкость бесконечно велика

R

U

При прохождении тока через сопротивление нагрузки *R* на нем образуется падение напряжения *U*. Знак и величина этого напряжения зависят от направления и величины тока. Поскольку пульсирующий ток в цепи диода течет всегда в одном направлении, знак напряжения на нагрузке будет постоянным, но величина его окажется переменной. В течение положительного полупериода переменного тока напряжение на нагрузке будет возрастать вместе с током, дойдет до наибольшего значения, затем уменьшится до нуля. Во время отрицательного полупериода переменного

тока напряжения на нагрузке вообще не будет. Следовательно, в итоге на нагрузке создастся пульсирующее напряжение, то появляющееся, то снова исчезающее. Между тем для питания большинства приборов и аппаратов требуется постояннное напряжение, знак и величина которого строго постоянны. Поэтому пульсирующее напряжение, которое дает наш простейший выпрямитель, надо превратить в постоянное, надо, как говорят, сгладить пульсации. Такое сглаживание производится при помощи специальных *фильтров*.

Простейшим фильтром является конденсатор *C*, присоединенный параллельно нагрузке *R*. Во время прохождения по цепи импульса выпрямленного тока конденсатор этот зарядится напряжением, равным по величине наибольшему падению напряжения на нагрузке. При уменьшении тока в цепи, падение напряжения на сопротивлении *R* должно было бы точно так же уменьшаться. Но наличие конденсатора меняет картину. При уменьшении величины тока в цепи конденсатор начнет разряжаться через сопротивление нагрузки, поддерживая этим самым в нагрузке ток такого же направления. Поэтому при разряде конденсатора на сопротивлении нагрузки образуется падение напряжения такого же знака, как и при прохождении выпрямленного тока.

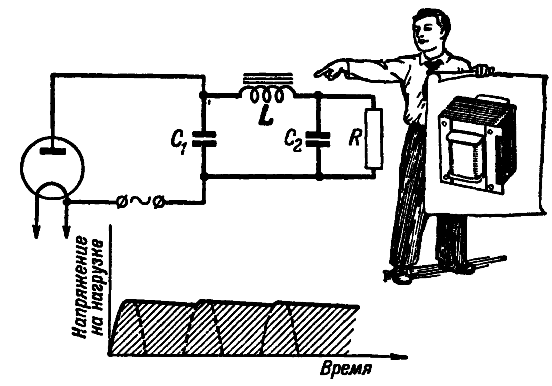
По мере разряда конденсатора напряжение на его обкладках будет постепенно уменьшаться до тех пор, пока он не разрядится окончательно. Вместе с этим будет постепенно уменьшаться и падение напряжения на сопротивлении нагрузки.

Такая компенсация уменьшения напряжения может быть показана графически. (См. рисунок на предыдущей странице). Незаштрихованная часть кривой представляет собой ток, полученный в результате выпрямления. Он является пульсирующим. Заштрихованная часть кривой представляет собой ток, образованный в нагрузке за счет разряда конденсатора. Хотя ток и остается пульсирующим, характер пульсаций изменился. Периоды, когда ток отсутствует, исчезли, хотя величина тока все же уменьшается очень значительно к концу каждого периода. Заряд, накопленный на конденсаторе, позволил заполнить просветы между импульсами выпрямленного тока.

Чем больше емкость конденсатора, тем больше и его заряд и, следовательно, тем дольше он сможет поддерживать ток в нагрузке. Если емкость конденсатора достаточно велика, то он не успевает разрядиться до нуля за время отрицательного полупериода переменного тока, и поэтому ток в нагрузке не прекращается, а лишь уменьшается. Если бы емкость конденсатора была очень велика, то конденсатор вообще не успевал бы разрядиться и напряжение на нагрузке оставалось бы постоянным. Поэтому на практике всегда стремятся сколь возможно увеличивать емкость конденсатора фильтра.

Дальнейшее улучшение сглаживающих свойств фильтра достигается путем введения в него дросселя *L* — катушки со стальным сердечником, обладающей большой индуктивностью, и второго конденсатора C_2. Дроссель обладает свойством препятствовать нарастанию и убыванию тока в цепи и поэтому способствует сглаживанию пульсаций выпрямленного тока. Назначение второго конденсатора C_2 такое же, как и первого C_1. В результате действия такого фильтра на нагрузке получается постоянное напряжение, практически лишенное пульсации. В фильтрах недорогих аппаратов, потребляющих небольшой ток, вместо дросселей иногда применяют сопротивления.

В рассмотренной нами схеме выпрямителя кенотрон пропускал ток в течение одного полупериода.

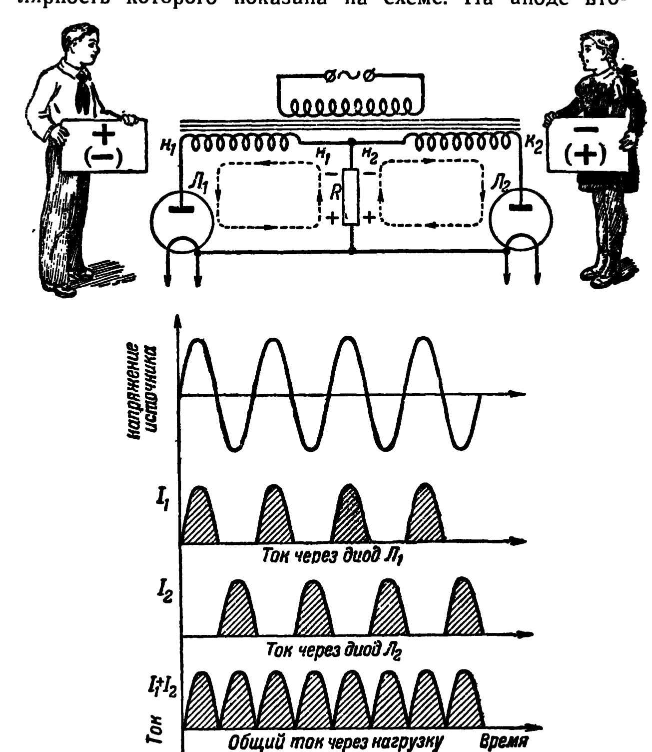


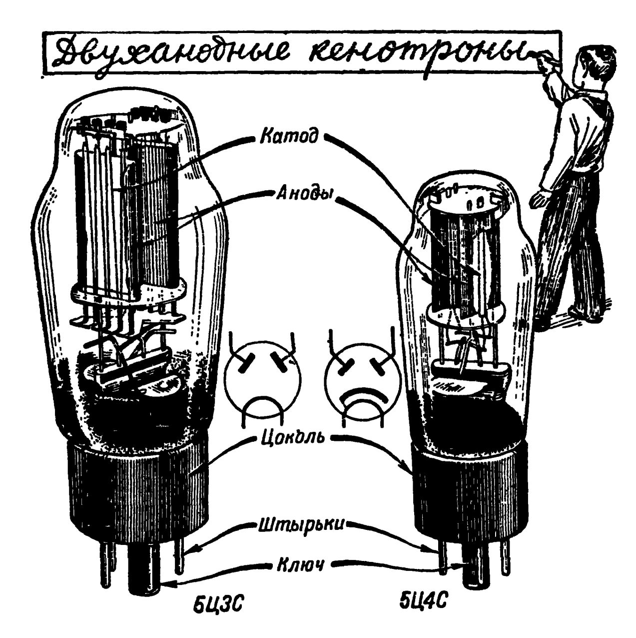
Второй полупериод не использовался. Можно значительно улучшить выпрямитель, включив в схему не один кенотрон, а два. Проследим, как будет проходить выпрямленный ток в такой схеме.

Переменное напряжение на аноды ламп будем подавать через трансформатор, вторичная обмотка которого имеет от середины отвод, соединенный с катодами. Напряжение на концах этой обмотки будет периодически изменяться относительно ее средней точки: в течение одной половины периода оно будет положительным на одном конце и отрицательным на другом; во время второй половины периода полярность напряжения будет обратной.

Как же будут в таких условиях работать кенотроны?

Пусть в некоторый начальный момент напряжение на конце обмотки H_1, а следовательно, и на аноде кенотрона $Л_1$ положительно. Кенотрон $Л_1$ будет пропускать ток, который пройдет по сопротивлению нагрузки *R* и создаст на нем падение напряжения, полярность которого показана на схеме. На аноде вто-





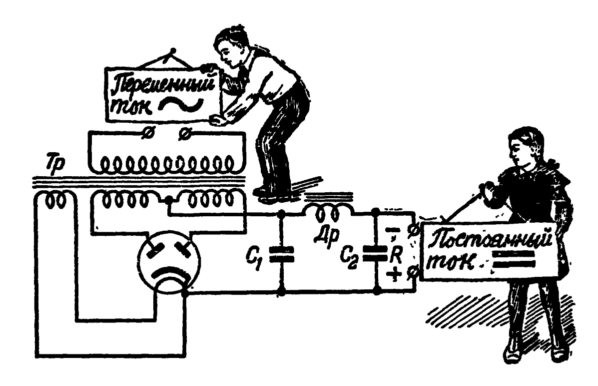
рого кенотрона в это время будет минус и тока в его цепи не возникнет.

В следующий полупериод картина изменится. Положительное напряжение появится на аноде лампы $Л_2$. Ток через лампу $Л_1$ прекратится; он потечет уже через лампу $Л_2$. Но направление тока в нагрузке от этого не изменится. Как в первой, так и во второй половине периода ток будет «выходить» из одного из концов обмотки, проходить через тот или иной кенотрон и «возвращаться» через нагрузку в середину обмотки. Ток в нагрузке в течение обеих половин периода будет одного направления.

Такая схема выпрямления называется *двухполупериодной* в отличие от первой, рассмотренной нами, которую называют *однополупериодной*.

На схеме, которую мы только что рассматривали, показаны два диода — два одноанодных кенотрона. Нельзя ли упростить устройство и заменить две лампы одной?

Сделать это можно. Из схемы видно, что катоды обеих ламп соединены вместе, значит у этих ламп может быть общий катод. Аноды у ламп должны быть отдельными, потому что они присоединены к двум



различным точкам обмотки трансформатора. Следовательно, можно сделать лампу, у которой будут один катод и два анода; одна эта лампа заменит два отдельных диода.

Большинство кенотронов имеет два анода, почему их и называют *двуханодными кенотронами.* Такие кенотроны работают в выпрямителях наших радиоприемников. Наиболее распространены кенотроны 5Ц4С, 6Ц5С и 6Ц4П. Но выпускаются и одноанодные кенотроны. Например, в телевизорах для выпрямления очень высокого напряжения применяются одноанодные кенотроны 1Ц1С или 1Ц11П.

Полная практическая схема двухполупериодного выпрямителя несложна. Выпрямитель состоит из трех частей: трансформатора, кенотрона и фильтра. У трансформатора три обмотки: сетевая, включающаяся в осветительную сеть, накала кенотрона, с которой соединяется нить накала кенотрона, и повышающая, с концов которой подается напряжение на аноды кенотрона; может быть еще обмотка накала ламп, работающих в том аппарате, который питается от выпрямителя. Повышающая обмотка обычно содержит больше витков, чем сетевая, и напряжение на ней выше напряжения сети.

У кенотронов электроды должны быть порядочных размеров, чтобы обеспечивалась возможность получения достаточно большого выпрямленного тока и рассеяния на своих анодах той мощности, которая выделяется на них вследствие бомбардировки их электронами.

Если требуется небольшой выпрямленный ток, то в качестве кенотрона можно использовать детекторный диод, например 6Х6С или 6Х2П, который с успехом будет выпрямлять ток промышленной частоты.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

В. Большов, Блок питания, приложение № 3 для начинающих к журналу «Радио», 1957.

Описание блока питания, от которого можно получить различные напряжения, необходимые для питания различных радиоустройств. Разработано по заданию редакции журнала «Радио» для радиокружков.

В помощь радиолюбителю, вып. № 3, Изд. ДОСААФ, 1957.

В сборнике есть статья В. Иванова «Упрощенный расчет трансформаторов питания и автотрансформаторов».

И. П. Жеребцов, Радиотехника, Связьиздат, 1958.

Гл. 5 книги посвящена выпрямителям. Рассматриваются схемы и детали кенотронных выпрямителей, полупроводниковые выпрямители, расчет силовых трансформаторов, вибропреобразователи, стабилизаторы тока.

М. И. Шальда, Самодельная гидроэлектростанция, Госэнергоиздат, 1958.

В брошюре рассказывается об изготовлении гидроустановки малой мощности. Вся установка может быть сделана из дерева, с небольшим количеством металла. Простота конструкции позволяет осуществить ее собственными силами.

В. Г. Борисов, Юный радиолюбитель, изд. 3-е, переработанное и дополненное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

Две беседы в книге посвящены гальваническим элементам, батареям и питанию радиоаппаратуры от электроосветительной сети.

В. Т. Владимиров, Выпрямительные устройства, Библиотека «Радиолокационная техника», Воениздат, 1959.

Описаны принципы работы выпрямителя переменного тока, физические процессы в выпрямителях различных типов и особенности эксплуатации выпрямителей.

В. Н. Гаевич и А. М. Калашников, Радиотехника, Учебное пособие для солдат и сержантов, Воениздат, 1959.

Рассмотрены основные вопросы общей радиотехники, без знания которых невозможно изучение материальной части радиотехнических устройств. Гл. 5 посвящена выпрямителям.

П. О. Чечик. Новые источники питания радиоаппаратуры, изд. 2-е, переработанное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

В брошюре описаны устройства, принцип действия и некоторые характеристики разработанных в последнее время в различных отраслях новых источников питания электрической энергии и преобразователей тока. В их число входят аккумуляторы, атомные элементы и батареи, солнечные батареи, термоэлектрогенераторы и др. Приведены примеры применения их для питания переносной и передвижной радиоаппаратуры.

Радиосхемы (Пособие для радиокружков), Изд. ДОСААФ, 1960.

Среди ряда других в альбоме помещены описания и схемы однополупериодного и двухполупериодных выпрямителей, выпрямителя для батарейного приемника и преобразователя напряжения на транзисторах.

А. Я. Глиберман и А. К. Зайцева, Кремниевые солнечные батареи (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

В брошюре, предназначенной для подготовленных радиолюбителей и руководителей радиокружков, изложены физические принципы работы кремниевых фотопреобразователей солнечной энергии в электрическую, описан ряд конструкций батарей и приведены примеры их применения в различных областях науки и техники.

Книга сельского радиолюбителя, Изд. ДОСААФ, 1961.

В главе «Источники питания сельских радиоустановок» рассматриваются принципы работы гальванических элементов, типы элементов и соединение их в батареи, самодельные элементы и батареи, аккумуляторы, ветро- и гидроэлектростанции, термоэлектрогенератор, преобразователь напряжения и питание батарейных приемников от сети переменного тока.

В. Ю. Рогинский, Выпрямители (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Кратко излагаются физические процессы выпрямителя тока, описываются схемы различных маломощных выпрямительных устройств, приводятся методы и примеры расчета выпрямителей различного назначения.

Справочник начинающего радиолюбителя, под ред. Р. М. Малинина (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Раздел восьмой справочника посвящен источникам электропитания радиоаппаратуры.

Статьи

Гальванические элементы и батареи (Справочный листок), «Радио», 1958, № 9.

В. М. Мордовусь, Ремонт щелочных аккумуляторов, «Радио», 1958, № 9.

Б. Блинов, Гирляндная ГЭС, «Радио», 1960, № 1.

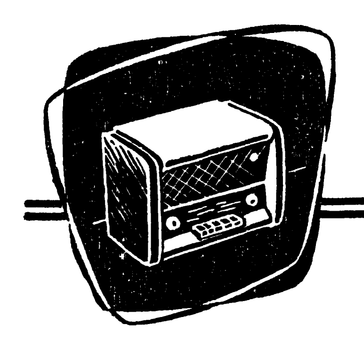
Б. Блинов, Гирляндная электростанция, Модернизация, «Радио», 1961, № 5.

В. Флеров, Никель-цинковый аккумулятор, «Радио», 1960, № 1.

Какие аккумуляторы можно применять в качестве источников питания карманных радиоприемников (консультация), «Радио», 1960, № 6.

И. Окунцов, Универсальный блок питания, «Радио», 1961, № 2.





Глава девятая

РАДИОПРИЕМНИКИ

СЕМЬ КАЧЕСТВ ПРИЕМНИКА[1]

Вы включили радиоприемник. Прошло несколько секунд, и из громкоговорителя раздался голос диктора, полились звуки знакомых мелодий.

Пока идет передача, давайте поговорим об особенностях звучания приемника и о том, чем определяется качество приема радиопередач[2].

Естественность. Когда мы слушаем звуки, воспроизводимые радиоприемником или магнитофоном, мы прежде всего обращаем внимание на естественность звучания музыки или речи. Однако воспроизведение, близкое к естественному звучанию, нам приходится слышать нечасто. Для того чтобы можно было сравнивать различные приемники с точки зрения качества воспроизведения звука, необходимо ясно представить себе, что такое звук.

Все звуки — человеческого голоса, музыкальных инструментов и т. п. — представляют собой колебания воздуха. Каждая нота, каждый музыкальный тон создается колебаниями определенных частот. *Высота тона* — это число колебаний в секунду. Однако можно заметить, что одна и та же нота у различных исполнителей звучит по-разному. Именно поэтому мы без труда узнаем голоса знакомых певцов, отличаем звуки флейты от звуков скрипки, хотя на них берется одна и та же нота. Это объясняется тем, что звуковые колебания, создаваемые голосом или инструментом, состоят не только из основного тона, определяющего высоту звука, но и дополнительных, более высоких по частоте колебаний, характерных только для данного голоса или инструмента. Без этих дополнительных колебаний или, как их называют, *обертонов* голоса певцов или звуки инструментов лишились бы своей индивидуальной окраски (тембра), звучали бы одинакво: скрипку нельзя было бы отличить от флейты, голос одного певца — от голоса другого.

Поэтому приемник должен воспроизводить не только колебания основных частот, но и все обертоны, излучаемые источником звука, причем нужно сохранить правильное соотношение между громкостью звучания обертонов и громкостью основного тона, не выделяя одних тонов и не приглушая других.

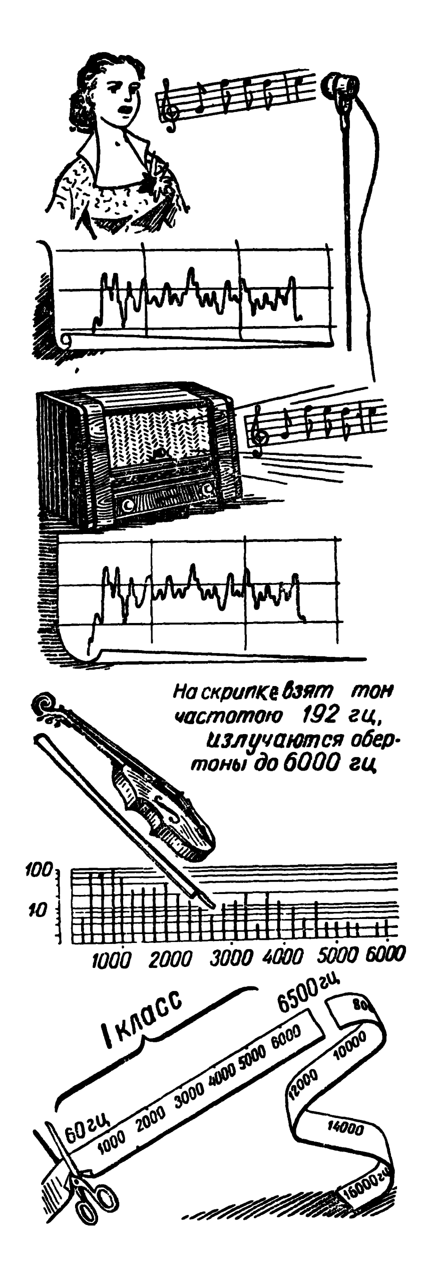
Таким образом, одним из главнейших условий естественного звучания приемника является правильное воспроизведение колебаний всех частот, из которых состоит звук; иначе говоря, приемник не должен вносить частотных искажений.

К примеру можно сравнить звуковую передачу с цветным кино. Чтобы изображение на экране выглядело естественно, необходимо в точности передать все разнообразие цветных оттенков (которые в данном случае играют роль, подобную роли различных обертонов при воспроизведении речевых или музыкальных передач). Стоит усилить один цвет, например красный, или ослабить другой, скажем синий, как все изображение на экране станет неестественным, цветопередача окажется искаженной.

Человеческое ухо слышит звуковые колебания, частота которых лежит приблизительно в пределах от 16 до 16 000 *гц*. Однако воспроизводить в радиопередаче всю эту полосу частот по ряду причин нельзя, так как это очень сложно, да и не является совершенно необходимым. Опытным путем определены те нормы частотных искажений, которых ухо почти не замечает и которые можно поэтому считать вполне допустимыми.

[1] Е. Левитин и Л. Кубаркин, Приложение для начинающих № 1 к журналу «Радио», 1957

[2] В настоящее время величины показателей, приведенные в статье, претерпели некоторые изменения, но их общий принцип и значение остаются прежними.



Приемник среднего качества должен при этом условии воспроизводить без искажений звуковые колебания или, как говорят, *полосу частот* от 80—100 до 4 500 *гц*, первоклассные приемники — от 60 до 6 500 *гц*. Но следует отметить, что требования к качеству воспроизведения непрерывно повышаются по мере того, как развитие техники дает возможность обеспечить расширение этих пределов. Лучшие радиоприемники в настоящее время воспроизводят частоты в пределах примерно от 50 до 12 000 *гц*, а отдельные установки — даже от 30 до 15 000 *гц*, т. е. почти все слышимые человеческим ухом частоты.

Но можно ли считать, что отсутствие частотных искажений является достаточной гарантией естественного звучания передачи?

Исследования показали, что этого считать нельзя. Почти всегда наряду с частотными искажениями наблюдаются искажения еще одного вида — *нелинейные искажения. Нелинейными искажениями* называются специфические искажения, которые проявляются в том, что в воспроизведенном звуке появляются дополнительные (помимо обертонов) частоты, изменяющие окраску звука. Звуки разной громкости при неискаженной передаче должны усиливаться в одинаковое число раз. Но отдельные узлы приемников не всегда удовлетворяют этому требованию и могут усиливать колебания с разными амплитудами (различной громкости): неодинаково: одни — больше, другие — меньше. Это и приводит к нелинейным искажениям звука.

Нелинейные искажения проявляются обычно в виде хрипов и дребезжаний, сопровождающих воспроизводимую передачу.

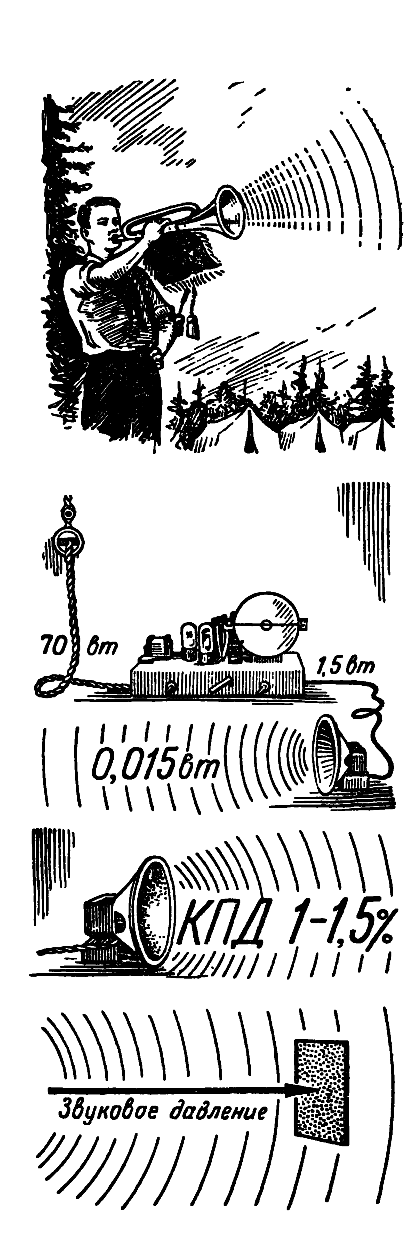
Установлено, что ухо почти не замечает нелинейных искажений, если энергия возникших колебаний не превышает 3—4% по отношению к энергии колебаний тех частот, которые необходимо передать без искажений. Такому условию удовлетворяют первоклассные приемники. В более простых приемниках эта величина составляет 7—8%.

Громкость. Качество звучания приемника определяется не одной только естественностью воспроизведения, но и громкостью звука.

Что такое громкость? Громче мы слышим те звуки, которые своими колебаниями оказывают большее давление на барабанную перепонку нашего уха, заставляя ее сильнее прогибаться. Амплитуда звуковых колебаний будет больше при большей громкости звука.

Источником звука являются колеблющиеся струны и деки в струнных или столб воздуха в духовых музыкальных инструментах. В радиоприемнике непосредственным источником звуковых колебаний является громкоговоритель, точнее — его диффузор. Чем больше размах колебаний диффузора, т. е. чем больше амплитуда колебаний воздуха, тем больше громкость.

Колебания диффузора происходят за счет электрической энергии, подводимой к громкоговорителю. Поэтому для получения достаточно громкого звука надо подвести к громкоговорителю достаточно большую электрическую мощность. О громкости звучания можно судить по величине мощности, создаваемой выходными лампами приемника, или, как приня-



то говорить, по *выходной мощности приемника.*

Приемники различных типов имеют неодинаковую выходную мощность. Величина этой мощности определяется выбранной схемой приемника, типом выходных ламп и режимом их работы. Выходная мощность батарейных приемников составляет обычно 0,1—0,2 *вт*, небольших сетевых приемников — 0,5 *вт*, приемников среднего качества — до 2 *вт*, а высококачественных приемников — 4—5 *вт* и больше.

Способ оценки громкости звучания по мощности, подводимой к громкоговорителю, очень распространен, но он не совсем точен. Громкоговоритель превращает в звуковую только часть подводимой к нему электрической энергии, причем в зависимости от типа громкоговорителя мощность звуковых колебаний может составлять только от 0,75 до 1,5% электрической мощности, подводимой к громкоговорителю. Отсюда видно, что при использовании различных громкоговорителей громкость может отличаться в 2 раза при одинаковой выходной мощности приемника.

Более точен другой способ оценки громкости — по звуковому давлению, так как чем громче звук, тем сильнее давление, создаваемое звуковой волной.

Для измерения звукового давления применяется единица, называемая баром [1]. Звуковое давление, создаваемое громкоговорителем приемника высшего класса на расстоянии 1 *м* от громкоговорителя, должно быть не менее 20 *бар* (при отдаче полной мощности). Более простые приемники при тех же условиях развивают меньшее давление, примерно 8—10 *бар*.

Избирательность. Качество передачи определяется не одной только громкостью звучания. Как бывает досадно, когда приему хорошей, интересной передачи мешает помеха от другой станции. Если сравнить в совершенно одинаковых условиях работу разных приемников, то можно убедиться в том, что помехи от передач других радиостанций ощущаются ими по-разному.

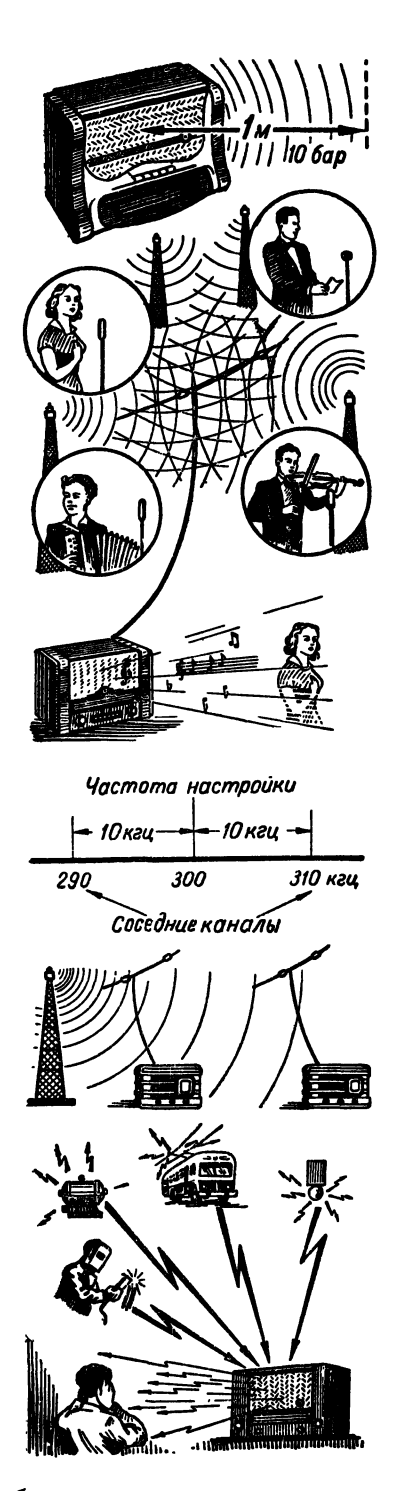
В условиях, когда одновременно работает огромное число радиостанций, очень важно, чтобы приемник из всей массы сигналов, посылаемых станциями, мог выбрать только те, которые нам нужны, — сигналы принимаемой станции. Для этого приемники должны быть снабжены фильтрующим устройством, которое пропускало бы только нужные сигналы и «отсеивало» все остальные.

Способность приемника выделять только сигналы выбранной станции и ослаблять сигналы мешающих станций называется *избирательностью.*

Сигналы разных радиостанций различаются частотой колебаний (длиной волны); следовательно, приемник должен обладать способностью отфильтровывать колебания всех частот выше и ниже необходимой. Эта сложная задача выполняется с помощью колебательных контуров. От количеств и качества их, а также от схемы приемника зависит способность приемника отсеивать сигналы «ненужных» радиостанций.

---

[1] Теперь действует новый ГОСТ на единицы звукового давления.



Об избирательности в первую очередь судят по тому, насколько хорошо ослабляет приемник сигналы так называемой «соседней» станции или, как говорят, «соседнего» канала.

Сигнал соседней станции по международным соглашениям отличается от частоты данной станции на величину 10 *кгц* (в сторону большей или меньшей частоты). Приемник среднего качества должен ослаблять сигналы станции, работающей на соседнем канале, по крайней мере в 20—30 раз, а высшего качества — в 100—200 и более раз по сравнению с сигналами принимаемой станции.

Чувствительность. Избирательность—очень важное качество приемника. Но возможность приема большого числа станций определяется не только избирательностью. Для этого приемник должен обладать еще одним важным качеством — чувствительностью.

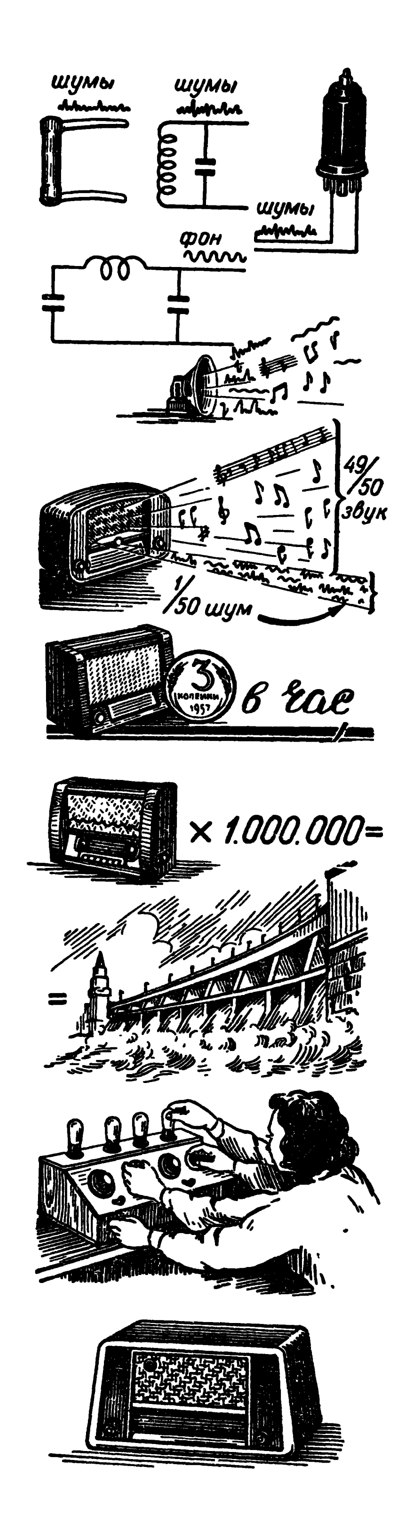
Чувствительность характеризует способность приемника принимать слабые сигналы. Практически на вход приемника поступает сигнал, напряжение которого измеряется иногда тысячными, а чаще миллионными долями вольта (микровольтами — *мкв*). Такие ничтожно слабые сигналы приходится усиливать в приемнике в сотни тысяч и даже миллионы раз. Чем больше усиление приемника, тем выше его чувствительность к слабым сигналам. Усиление зависит от качества (добротности) контуров, от параметров и числа примененных ламп.

Однако высокую чувствительность современного приемника не всегда удается использовать, в особенности в городах, где много источников помех (электродвигатели, трамваи, троллейбусы, медицинские приборы, электрические звонки и т. п.). Слабые сигналы далеко расположенных станций часто заглушаются этими помехами, сигналы «тонут» в море помех. Поэтому принимать можно передачи только таких станций, сигналы которых в достаточной степени превышают уровень помех.

Этим и объясняется то, что даже у первоклассных радиоприемников не стремятся добиться чувствительности, превышающей несколько десятков микровольт (примерно 50 *мкв*), а приемники средних классов имеют обычно чувствительность порядка 100—200 *мкв*.

Надо отметить, что чувствительность не только определяет способность приемника принимать сигналы удаленных станций, но и показывает возможность приема станций на небольшие антенны. Приемник, обладающий высокой чувствительностью, позволяет принимать передачи на удобные небольшие комнатные антенны.

Отсутствие шумов. Чувствительность и избирательность, как мы уже выяснили, не обеспечат хорошего качества приема, если последний будет сопровождаться атмосферными разрядами и помехами от различных электроустановок, проникающими в приемник извне.



Но мешающие приему шумы могут возникать и в самом приемнике. Эти шумы можно разбить на две основные категории: на шумы, порождаемые лампами и некоторыми деталями — сопротивлениями, контурами, и на фон переменного тока в приемниках с питанием от сети, создающейся из-за плохого сглаживания выпрямленного тока.

Собственные шумы приемника особенно ощущаются при негромкой передаче или в паузах. Собственные шумы приемника не позволяют воспроизводить очень слабые звуки, они заглушают их.

Поэтому для фона переменного тока и для прочих собственных шумов приемника установлены жесткие нормы: напряжение собственных шумов на выходе приемника не должно превышать некоторого предельного напряжения, развивающегося при нормальной громкости. Считается удовлетворительным, если напряжение фона в 30—50 раз меньше напряжения сигнала; в хороших приемниках напряжение фона составляет менее 0,5% выходного напряжения.

Экономичность. Мы рассматривали до сих пор приемник только с точки зрения качества приема. Но приемнику следует дать оценку также и с экономической стороны.

Об экономичности радиоприемника судят по количеству электроэнергии, потребляемой им во время работы.

Казалось бы, что для приемников с питанием от осветительной сети экономичность питания не так уж существенна — ведь электроэнергия дешева и стоимость работы приемника исчисляется десятыми долями копейки в час.

Но это не совсем так. Хотя средний радиоприемник и потребляет от сети всего примерно 60—70 *вт*, что по стоимости составляет 0,2—0,3 коп. в час, но при современных масштабах радиофикации лишняя затрата энергии на питание приемников составляет большую дополнительную нагрузку для электростанций.

Питание батарейных приемников обходится дороже, чем сетевых, поэтому снижение потребляемой от батарей энергии здесь особенно важно. Важно оно и потому, что изготовление большого количества батарей сопряжено с расходом значительного количества цинка и различных химикатов.

Поэтому экономичность является очень важным показателем качества приемника и с нею необходимо считаться.

Удобство обращения. Среди прочих качеств, которыми должен обладать приемник, важное место отводится удобству обращения. Размеры и форма приемника, число ручек управления и их расположение, устройство шкалы — все это определяет удобство пользования им. Приемник будет удобным не только в том случае, если у него мало ручек и они удачно расположены, но и если он занимает мало места.

Удобство обращения, конечно, не входит в число электрических показателей радиоприемников, но при общей оценке приемника с ним нельзя не считаться. Конструкторам приходится прилагать немало усилий для того, чтобы сделать приемник возможно более удобным в обращении.

* *
*

Мы очень кратко познакомились с самыми основными качествами радиоприемника. Чтобы обеспечить их, конструкторы непрестанно совершенствуют схемы, создают новые детали, улучшают конструкцию приемника. Радиолюбитель, собирающийся заняться конструированием приемников, должен отчетливо представлять себе, что именно в схеме, деталях или конструкции приемника определяет то или иное его качество.

Конструирование приемников усложняется тем, что многие их важные качественные показатели находятся в противоречии друг другу. Например, для повышения избирательности приходится увеличивать число колебательных контуров, а это часто приводит к сужению полосы воспроизводимых частот. Повысить чувствительность можно, применив для усиления большее число ламп, а это приводит к увеличению собственных шумов. Поэтому все элементы, из которых строится приемник, надо выбирать очень умело и тщательно, чтобы удовлетворять предъявленным к приемнику требованиям.

НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ [1]

Для того чтобы составить себе правильное представление о том, какие возможности в отношении приема обеспечивают современные приемники, надо знать примерные величины напряжений, развиваемых станциями в приемных антеннах. Эти величины характеризуются напряженностью поля станций в месте приема. Напряженность поля численно равна напряжению, которое получается в приемной антенне с действующей высотой 1 *м*.

Напряженность поля местных радиостанций измеряется обычно десятками тысяч микровольт на метр (*мкв/м*). Считается, что для хорошего приема на детекторном приемнике нужна напряженность поля не меньше 3 000—5 000 *мкв/м*.

Хорошо слышимые на современном ламповом приемнике дальние станции создают напряженность поля от нескольких сотен примерно до 1 000 *мкв/м*. Станции средней слышимости развивают напряженность поля порядка 100 *мкв/м*. Станции, слышимые слабо, создают поле напряженностью около 50 *мкв/м*. Прием таких станций не вполне регулярен, а в районе действия электрических помех часто бывает совсем невозможен. При отсутствии атмосферных, индустриальных и всякого рода иных помех хороший современный приемник может давать не особенно громкий прием сигналов при напряженности поля 5—15 *мкв/м*.

УСИЛИТЕЛЬ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ [2]

Назначением усилителя высокой частоты в приемнике являются усиление колебаний высокой частоты, полученных в антенне под действием радиоволн, и повышение избирательности приемника.

В отличие от усилителей низкой частоты, которые служат для усиления колебаний во всем диапазоне звуковых частот, *усилители высокой частоты* должны усиливать колебания не всех частот сразу, а только одной определенной высокой частоты или некоторой сравнительно узкой полосы высоких частот. Это достигается применением настроенных в резонанс колебательных контуров, и потому усилители высокой частоты иногда называют *резонансными усилителями*.

Входной контур. Колебания из антенны подаются на сетку лампы каскада усиления высокой частоты через входной контур *LC*, который, как правило, не включается непосредственно в антенну, а связывается с нею индуктивно через катушку L_A (рис. 1,*а*) или через небольшую емкость C_A (рис. 1,*б*).

Непосредственное включение входного контура в антенну неудобно потому, что тогда довольно большая емкость антенны войдет в состав контура, значительно уменьшит его собственную частоту и уменьшит коэффициент перекрытия на более коротких волнах.

В большинстве случаев антенная цепь в приемнике не настраивается, но все же иногда для увеличения громкости приема и повышения избирательности ее настраивают в резонанс на частоту принимаемого сигнала.

Схема с анодным контуром. Одна из наиболее распространенных схем усилителя высокой частоты дана на рис. 2. Она называется схемой с анодным контуром.

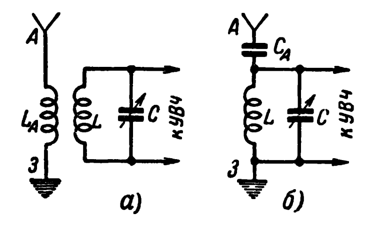


Рис. 1. Схемы связи входного контура с антенной.

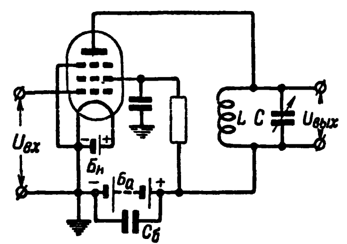


Рис. 2. Схема усилителя высокой частоты с анодным контуром.

[1] «Радио», 1949, № 1.

[2] «Радиотехника» (Учебник сержанта-связиста), Воениздат, 1949.

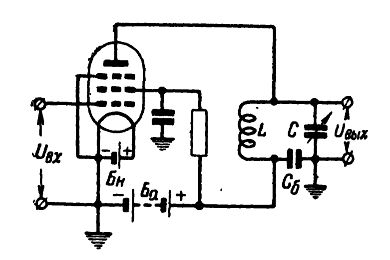


Рис. 3. Вариант схемы усилителя высокой частоты с анодным контуром.

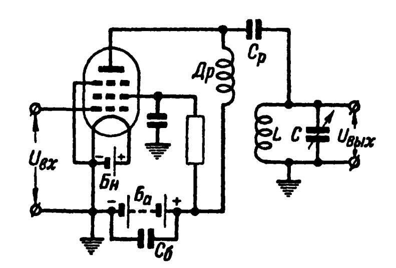


Рис. 4. Схема усилителя высокой частоты с параллельным анодным питанием.

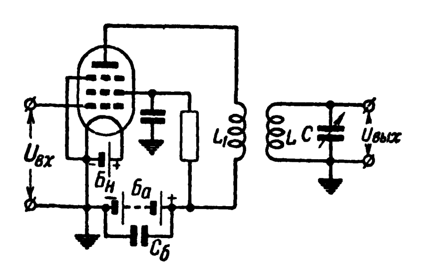


Рис. 5. Трансформаторная схема усилителя высокой частоты.

Переменное напряжение высокой частоты в этой схеме подается на управляющую сетку лампы и создает в анодной цепи ток, пульсирующий с той же частотой. Анодный колебательный контур LC является большим нагрузочным сопротивлением для переменной составляющей анодного тока. Чем больше его сопротивление, тем больше коэффициент усиления каскада.

Контур настраивается всегда с резонанс, а в этом случае в контуре возникают наиболее сильные колебания, которые будут тем значительнее, чем меньше потери в контуре, т. е. чем выше его добротность.

Постоянная составляющая анодного тока проходит свободно через катушку, а переменная составляющая создает на контуре переменное напряжение, значительно усиленное по сравнению с напряжением, поданным на управляющую сетку.

Триоды в усилителях высокой частоты, как правило, не применяются, так как они обладают значительной паразитной емкостью анод — сетка, которая особенно вредна на высоких частотах.

Сопротивление анодного контура практически не удается сделать больше нескольких десятков тысяч ом. Поэтому коэффициент усиления каскада получается небольшим по сравнению с коэффициентом усиления самой лампы.

Каскады усиления высокой частоты на более коротких волнах дают меньшее усиление, так как сопротивление анодного контура на коротких волнах всегда бывает ниже, чем на более длинных волнах.

Схема каскада, изображенная на рис. 2, имеет тот недостаток, что в ней конденсатор C анодного контура находится под высоким анодным напряжением и его ротор нельзя соединить с землей (точнее, с корпусом, т. е. с общим минусом).

Несколько измененная схема, показанная на рис. 3, не обладает этим недостатком. В ней блокировочный конденсатор $C_б$, служащий для пропускания переменной составляющей анодного тока, включен в анодный контур, и это позволяет соединять ротор конденсатора C с корпусом. Конденсатор $C_б$ имеет обычно емкость в несколько тысяч или десятков тысяч пикофарад и его включение последовательно с конденсатором контура лишь незначительно уменьшает емкость анодного контура.

Когда каскад усиления высокой частоты применяется в приемнике, на управляющую сетку лампы подаются колебания из входного контура или предыдущего каскада, а усиленные колебания от анодного контура данного каскада подаются на сетку следующего каскада.

Для уменьшения паразитной емкости между анодной и сеточной цепями каскада делают *экранировку*. Провод, подключенный к верхнему контакту лампы, окружают экранирующей оболочкой, ставят экраны, разделяющие детали и провода анодной и сеточной цепей. Анодный контур часто помещают в экран. Если лампа стеклянная и не имеет металлизации баллона, то ее также иногда полностью экранируют.

Рассмотренные схемы каскадов усиления высокой частоты являются схемами с так называемым *последовательным анодным питанием*. Эти схемы характеризуются тем, что постоянный анодный ток проходит через катушку анодного контура и контур находится под высоким анодным напряжением.

Параллельное анодное питание. Применяется также схема усилителя высокой частоты с параллельным анодным питанием, показанная на рис. 4. В ней постоянная составляющая анодного тока проходит через дроссель *Др*, а переменная составляющая тока высокой частоты, для которой дроссель представляет большое индуктивное сопротивление, проходит от лампы через разделительный конденсатор $C_р$ в контур LC. Изучая путь этих токов на схеме, нужно всегда помнить, что источником постоянного анодного тока служит анодная батарея, а генератором переменного анодного тока в любом усилительном каскаде является сама лампа.

Удобство схемы с параллельным анодным питанием заключается в том, что анодный контур не находится под высоким анодным напряжением и поэтому ротор конденсатора переменной емкости может быть непосредственно соединен с корпусом приемника. Некоторым недостатком схемы является наличие дополнительных деталей: анодного дросселя и разделительного конденсатора. Трудно сделать дроссель таким, чтобы он в пределах широкого диапазона частот имел большое индуктивное сопротивление, так как оно меняется при изменении частоты. Этому также мешает собственная емкость дросселя, которая будет оказывать малое сопротивление токам более высоких частот.

Иногда в приемниках вместо дросселя включают активное сопротивление, величина которого при изменении частоты остается почти постоянной.

Трансформаторная схема. Большое применение имеет еще одна схема каскада усиления высокой частоты, называемая *трансформаторной* (рис. 5). В ней анодная цепь усилителя высокой частоты связана с последующим каскадом с помощью трансформатора высокой частоты, состоящего из катушек L и L_1. Катушка L входит в состав резонансного контура, который обычно является сеточным контуром следующего каскада. Катушки L и L_1 располагаются всегда неподвижно одна относительно другой, например наматываются рядом на один каркас.

Трансформаторная схема удобна тем, что контур LC изолирован от анодной цепи и, следовательно, ротор конденсатора C можно соединить с корпусом приемника. При правильном подборе взаимной индуктивности между катушками L и L_1 схема может дать примерно такое же усиление, как и схема с анодным контуром.

В каскадах усиления высокой частоты приемника

амплитуды колебаний обычно весьма малы. Поэтому часто эти каскады работают без отрицательного напряжения смещения. Однако применение небольшого напряжения смещения (2—3 *в*) желательно для устранения сеточного тока и для уменьшения расхода анодного тока, что особенно важно для батарейных приемников. Так как применение отдельной сеточной батареи для создания напряжения смещения на сетке неудобно, в современных приемниках это напряжение берется от батарей накала или от анодной батареи.

ЛАМПОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ [1]

Диодный детектор. В простейшем случае приемник с диодным детектором можно сделать из любого приемника с кристаллическим детектором, заменив последний диодом. Такая схема позволяет принимать передачу местных станций на телефон. По сравнению с кристаллическим детектором диод работает более устойчиво, но при приеме слабых колебаний он дает меньшую громкость.

В современных многоламповых супергетеродинах диодный детектор применяется очень часто для детектирования сравнительно сильных колебаний, полученных после усиления сигналов предыдущими каскадами усиления. Достоинством диодного детектора является малое искажение колебаний звуковой частоты. Недостаток его — то, что он не усиливает подводимых к нему колебаний.

На рис. 1 графически показан процесс детектирования с диодом (для упрощения графика показаны два случая, когда нагрузочное сопротивление отсутствует или очень мало). Вдоль нижней вертикальной оси изображена кривая высокочастотного модулированного напряжения, подаваемого на диод от колебательного контура, а вдоль правой горизонтальной оси построен с помощью характеристики диода график пульсирующего анодного тока. Этот ток содержит, кроме составляющей высокой частоты, еще постоянную составляющую и главное составляющую низкой частоты.

Две схемы диодных детекторов, применяемые в приемниках, показаны на рис. 2. В схеме на рис. 2,*а*, называемой *последовательной* схемой, нагрузочное сопротивление R включено последовательно с диодом *Л*. Переменное модулированное напряжение с контура LC подается на диод, т. е. играет роль анодного напряжения диода. Сопротивление R имеет большую величину — порядка 0,1—0,5 *Мом*, и чтобы на нем не получилась потеря значительной части переменного напряжения высокой частоты, его всегда шунтируют конденсатором C_1 емкостью 100—200 *пф*. Сопротивление такого конденсатора для токов высокой частоты сравнительно невелико.

Полученный в диоде благодаря его односторонней проводимости пульсирующий ток проходит следующим образом: его составляющая высокой частоты проходит через конденсатор C_1 и через контур LC; постоянная составляющая и составляющая низкой частоты проходят через катушку контура L и сопротивление R, создавая на нем падение напряжения, пульсирующее со звуковой частотой.

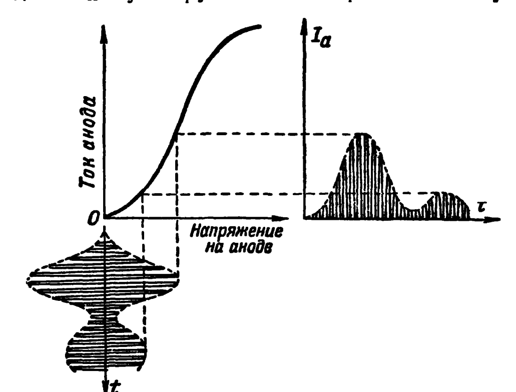


Рис. 1. Графическое изображение детектирования с помощью диода.

Нагрузочное сопротивление R включено специально для того, чтобы на нем в результате работы детектора выделялось переменное напряжение низкой частоты. Это напряжение обычно подается через разделительный конденсатор C_2 на усилитель низкой частоты (УНЧ). Разделительный конденсатор не пропускает к этому усилителю постоянное напряжение, получающееся на сопротивлении R. Емкость конденсатора C_2 должна быть значительной (не менее нескольких тысяч пикофарад), с тем чтобы он хорошо пропускал колебания низкой частоты.

Надо отметить, что конденсатор C_1, шунтирующий нагрузочное сопротивление R, служит не только для подачи через него переменного напряжения от контура на диод, но также для сглаживания пульсаций постоянной составляющей напряжения на сопротивлении R и для повышения этого напряжения, т. е. он действует совершенно аналогично первому конденсатору сглаживающего фильтра выпрямителя.

Схема на рис. 2,*б*, называемая *параллельной* схемой, имеет параллельное соединение диода *Л* и нагрузочного сопротивления R. Переменное напряжение от контура LC подается на диод через конденсатор C_1 емкостью 100—200 *пф*. Высокочастотная составляющая анодного тока диода проходит через этот конденсатор и контур, а постоянная составляющая и составляющая низкой частоты — через нагрузочное сопротивление R, так как конденсатор C_1 не пропускает постоянный ток и составляющую низкой частоты. На сопротивлении R получаются некоторое постоянное напряжение и напряжение звуковой частоты. Последнее через конденсатор C_2 подается к усилителю низкой частоты.

Диод имеет сравнительно небольшое внутреннее сопротивление, которым он шунтирует контур LC, внося в последний значительное затухание. В результате добротность и избирательность контура заметно ухудшаются. Диодный детектор не нуждается в анодном питании. Для его работы необходимо только питание цепи накала.

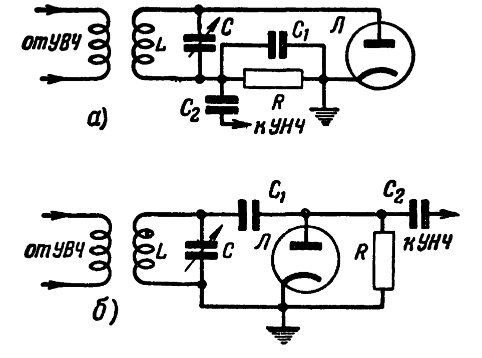


Рис. 2. Схемы диодного детектирования.

[1] И. П. Жеребцов, Радиотехника, Связьиздат, 1958.

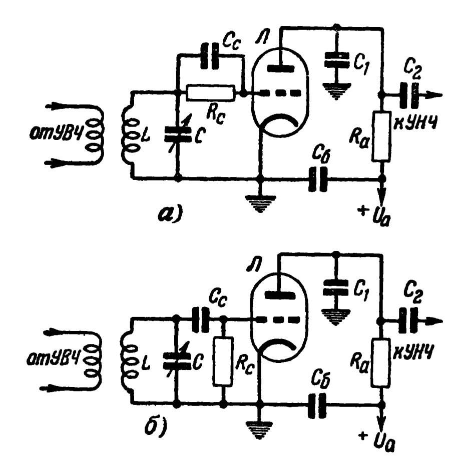


Рис. 3. Схемы сеточного детектирования.

Сеточный детектор. Сеточный детектор применяется во всех приемниках прямого усиления.

Две схемы сеточного детектирования приведены на рис. 3. Детектирование происходит в цепи управляющей сетки совершенно аналогично диодному детектированию. Роль диода выполняет промежуток лампы между управляющей сеткой и катодом, причем управляющая сетка является как бы анодом диода. Так же как и в схеме диодного детектора, в цепь управляющей сетки включены большое сопротивление R и конденсатор C.

В схеме на рис. 3,*а* сопротивление R_c включено последовательно с участком сетка — катод и шунтировано конденсатором. Эта схема аналогична последовательной схеме диодного детектора (рис. 2,*а*).

В схеме на рис. 3,*б* сопротивление R_c включено параллельно промежутку сетка — катод, как в параллельной схеме диодного детектирования (рис. 2,*б*).

Обычно C_c называют *сеточным конденсатором*, а R_c — *сеточным сопротивлением, сопротивлением утечки или утечкой сетки.* Емкость C не превышает 100—200 *пф*, а сопротивление имеет величину от одного до нескольких мегом.

В результате детектирования модулированных колебаний в цепи управляющей сетки появляется пульсирующий ток, состоящий из высокой частоты, постоянной составляющей и составляющей низкой частоты. Составляющая высокой частоты проходит через сеточный конденсатор, а две другие составляющие проходят через сопротивление утечки и создают на нем падение напряжения, меняющееся со звуковой частотой. Сеточный ток имеет внутри лампы направление от сетки к катоду, и поэтому выделяющееся на R_c напряжение является отрицательным напряжением смещения для управляющей сетки.

Таким образом, получается меняющееся со звуковой частотой напряжение смещения. Оно действует на анодный ток, и в последнем появляются соответствующие пульсации звуковой частоты. Иначе говоря, переменное напряжение звуковой частоты, получившееся на сопротивлении R_c благодаря детектированию в цепи управляющей сетки, усиливается триодом на прямолинейном участке характеристики анодного тока. Одновременно триод усиливает и переменное напряжение высокой частоты, так как оно тоже имеется на управляющей сетке. По существу в сеточном детекторе происходят три процесса: диодное детектирование в цепи управляющей сетки, усиление колебаний низкой частоты и усиление колебаний высокой частоты.

Для лучшей работы сеточного детектора рабочая точка должна находиться на прямолинейном участке характеристики анодного тока и на изгибе характеристики сеточного тока.

На схемах на рис. 3 в анодную цепь включено нагрузочное сопротивление R_a; на котором создается усиленное напряжение звуковой частоты. Это напряжение подается для дальнейшего усиления через разделительный конденсатор C_2 к усилителю низкой частоты.

При отсутствии в приемнике усилителя низкой частоты вместо сопротивления R_a включаются телефонные трубки.

На данных схемах усиление колебаний высокой частоты не представляет ничего полезного. Поэтому высокочастотная составляющая анодного тока пропускается мимо R_a через конденсатор C_1 емкостью не более нескольких сотен пикофарад, включенный между анодом и катодом.

У некоторых ламп, например имеющих бариевый катод прямого накала, сеточный ток начинается не при нулевом напряжении на управляющей сетке, а при небольшом положительном напряжении (порядка нескольких десятых долей вольта). Для таких ламп желательно включать сопротивление утечки R_c на плюс батареи накала, с тем чтобы подать некоторый положительный потенциал на управляющую сетку и тем самым сместить рабочую точку в область начала сеточного тока, где характеристика сеточного тока имеет изгиб.

У ламп с оксидным катодом сеточный ток, наоборот, начинается при небольшом отрицательном напряжении на сетке, и для них желательно R_c подключать к минусу накала или просто к катоду в случае подогревной лампы.

Сеточный детектор очень чувствителен к слабым сигналам. Он усиливает их и благодаря этому дает гораздо более громкий прием, чем диодный детектор. Зато сеточное детектирование непригодно для сильных сигналов. Это объясняется тем, что при сильных сигналах на сопротивлении утечки R_c получается большое отрицательное напряжение смещения, которое сдвигает рабочую точку на характеристике анодного тока влево к нижнему изгибу, и тогда усиление колебаний низкой частоты уменьшается и происходит со значительными нелинейными искажениями.

В качестве сеточного детектора могут с успехом применяться пентоды.

ДЕТЕКТОРНО-РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ КАСКАД [1]

В детекторном каскаде современных приемников прямого усиления, как правило, используется явление регенерации, имеющее очень важное значение в технике радиоприема. С этой целью между анодной и сеточной цепями детектора устраивается обратная связь для высокочастотных колебаний. Схема регенеративного детекторного каскада с индуктивной обратной связью дана на рис. 1,*а*. Обратная связь в приемнике обычно делается переменной, с тем чтобы можно было ее регулировать.

Принцип регенерации заключается в следующем.

Пульсирующий анодный ток лампового детектора, как известно, состоит из трех составляющих: постоян-

[1] И. П. Жеребцов, Радиотехника, Связьиздат, 1958.

ной, низкочастотной и высокочастотной. Составляющая высокой частоты по форме соответствует принимаемым модулированным колебаниям. В схеме детектора без регенерации эта составляющая не используется, а при наличии катушки обратной связи L_a она проходит через эту катушку и индуктирует в катушке контура L переменное напряжение, соответствующее принимаемым сигналам. Если концы катушек L и L_a включены правильно, то напряжение, индуктируемое в катушке L катушкой обратной связи, будет совпадать по фазе с напряжением сигнала и складываться с ним. В результате переменное напряжение на управляющей сетке лампы возрастет. Но одновременно с этим возрастет и амплитуда высокочастотной составляющей анодного тока, а следовательно, увеличится и напряжение, индуктированное этой составляющей в катушке контура. Значит, напряжение на управляющей сетке еще больше увеличится, что в свою очередь снова даст усиление высокочастотной составляющей анодного тока и увеличение благодаря действию обратной связи переменного напряжения на управляющей сетке и т. д.

Таким образом, благодаря обратной связи произойдет нарастание колебаний, но, конечно, до некоторого предела. При увеличении амплитуды колебаний в контуре LC будут возрастать потери энергии в активном сопротивлении этого контура. Нарастание амплитуды колебаний возможно только до тех пор, пока энергия, добавляемая в контур с помощью обратной связи за счет усиления в лампе (источником этой энергии является анодная батарея), больше, чем потеря энергии в активном сопротивлении контура. Как только потеря энергии возрастет настолько, что она станет равна энергии, поступающей из анодной цепи через обратную связь, нарастание амплитуды колебаний прекратится.

Рассмотренный процесс усиления колебаний высокой частоты получается только при достаточной величине обратной связи, т. е. при достаточно близком расположении катушек L и L_a друг к другу и при правильном их включении. Если катушки включены неправильно, то напряжение, индуктированное в контуре под действием катушки L_a, будет противоположно по фазе напряжению сигнала и поэтому будет ослаблять, а не усиливать колебания в контуре.

При сближении катушек L_a и L, т. е. при увеличении обратной связи, усиление возрастает, но до известного предела, после которого возникает генерация собственных колебаний и каскад становится генератором.

Момент возникновения генерации собственных колебаний называют порогом генерации.

Когда приемник генерирует собственные колебания, получается сложение этих колебаний с принимаемыми и в результате модулированные колебания сильно искажаются. Если принимаются немодулированные, т. е. чисто незатухающие, колебания, например несущие колебания в перерыве телефонной передачи, то от сложения этих колебаний и собственных колебаний получаются биения.

Частота биений в регенеративном приемнике зависит от разности между частотами принимаемых и собственных колебаний. При приеме какой-либо определенной станции частота сигнала постоянна, а частота собственных колебаний, как и во всяком генераторе с самовозбуждением, равна частоте контура. Изменяя настройку контура вблизи резонанса, т. е. изменяя разность между частотой сигнала и частотой контура, мы будем изменять частоту биений.

После детектирования биений в анодной цепи получается составляющая с частотой биений, которую можно легко обнаружить в телефоне, если она находится в пределах звукового диапазона.

При точной настройке в резонанс с приходящими колебаниями биений не будет, потому что частота собственных колебаний совпадает с частотой сигнала и разность их равна нулю. Этот случай называют нулевыми биениями.

Он играет большую роль в радиотехнических измерениях, так как является показателем точной настройки в резонанс.

Практически нулевые биения получаются также и при некоторой расстройке контура относительно частоты сигнала. Объясняется это тем, что при небольшом отклонении от резонанса приходящие колебания действуют как постороннее возбуждение и заставляют каскад генерировать колебания не с частотой контура, а с частотой сигнала, так что разности в частотах не будет[1]. Поэтому при настройке получается некоторая область нулевых биений, которая тем шире чем сильнее сигнал. За пределами этой области нулевых биений каскад будет генерировать собственные колебания с частотой, уже не равной частоте сигнала, и тогда возникнут биения звуковой частоты, слышимые в телефоне в виде музыкального тона (свиста). Чем больше расстройка контура относительно частоты сигнала, тем больше разность в частотах и тем выше тон биений. При значительной расстройке частота биений выходит уже за пределы слышимых звуковых частот.

Таким образом, при настройке контура приемника с обратной связью, работающего в режиме генерации, всегда наблюдаются характерные звуки. Подход к резонансу сопровождается возникновением высокого звука (свиста), постепенно понижающегося и, наконец, обрывающегося на некотором низком тоне около точного резонанса (нулевые биения). При дальнейшем изменении настройки после прохождения резонанса явление повторяется в обратном порядке, т. е. возникает низкий тон, который по мере удаления от резонаса повышается, переходя в свист, и, наконец, становится неслышимым.

Графически это показано на рис. 1,*б*, на котором по вертикальной оси отложена частота звука биений, а по горизонтальной оси — частота контура генерирующего приемника. Для примера на этом графике частота сигнала взята 500 *кгц*. Биения звуковой частоты в данном случае возникают только при расстройке не меньше чем на 200 *гц* относительно резонанса, и таким образом, ширина области нулевых биений составляет 400 *гц*.

Режим порога генерации нельзя применять для приема телефонных передач, так как тогда возможно возникновение собственных колебаний и свист биений будет сильно мешать, делая телефонную передачу неразборчивой и искаженной. Правда, возможен прием телефонных сигналов в области нулевых биений, но при малейшем изменении частоты могут возникнуть биения и испортить прием. Поэтому телефонную передачу всегда принимают при величине обратной связи, несколько меньшей, чем у порога генерации.

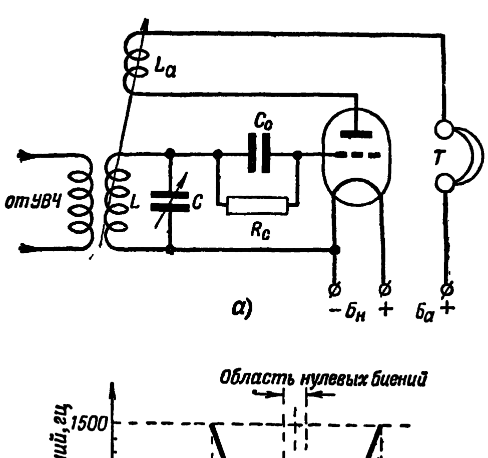
Зато режим генерации необходим для приема незатухающих телеграфных сигналов. Без генерации в телефоне будут слышны лишь щелчки, но звукового тона сигналов не получится.

При наличии генерации в результате биений в телефоне получается прием сигналов телеграфной азбуки в виде звукового тона. Изменяя настройку контура генерирующего приемника, можно менять этот тон и подобрать его наиболее приятным для приема на слух. Радиотелеграфист обычно устанавливает частоту биений около 1 000 *гц*, так как ухо наиболее чувствительно к этой частоте.

Очевидно, что при этом контур должен быть рас-

---

[1] Это явление называют иногда *захватыванием* или увлечением, или принудительной синхронизацией.



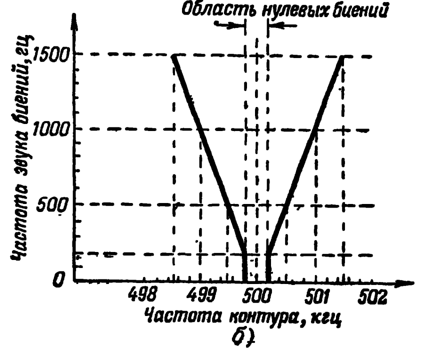


Рис. 1. Детекторно-регенеративный каскад с индуктивной обратной связью и график изменения частоты тона биений при настройке регенератора.

строен на 1 000 *гц* в ту или другую сторону относительно частоты сигнала. Таким образом, режим наиболее громкого приема телефонных сигналов получается, чуть-чуть не доходя до порога генерации, а режим хорошего приема незатухающих телеграфных сигналов получается за порогом генерации, причем сильно увеличивать обратную связь не следует, так как при большой амплитуде собственных колебаний громкость телеграфных сигналов уменьшается. Все это наглядно показано на рис. 2, на котором даны положения ручки обратной связи для порога генерации и для случая наилучшего приема телефонных сигналов.

Схема на рис. 1 применяется теперь редко. Ее недостаток заключается в том, что перемещение катушки обратной связи L_a в магнитном поле катушки контура L сильно влияет на индуктивность и емкость контура, изменяя его частоту. Это затрудняет настройку приемника и не позволяет проградуировать его шкалу по частоте или длине волны.

Гораздо удобнее схема генератора с регулировкой обратной связи конденсатором переменной емкости

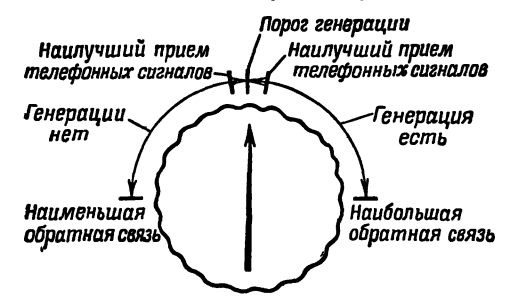


Рис. 2. Различные положения ручки обратной связи.

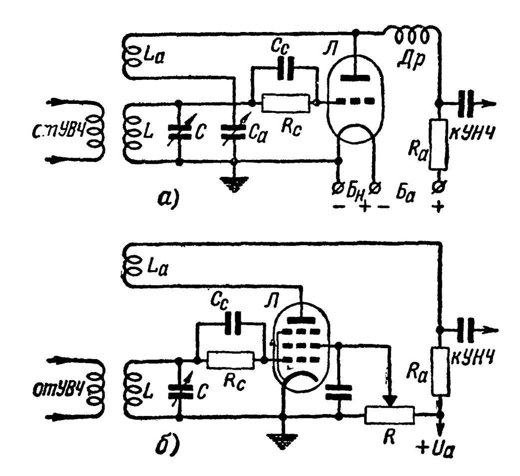


Рис. 3. Схемы регенеративного каскада с регулировкой обратной связи.

Одна из таких схем показана на рис. 3,*а*. В этой схеме постоянная составляющая и составляющая звуковой частоты анодного тока проходят в анодное нагрузочное сопротивление $R_а$ через анодный дроссель *Др*, заграждающий путь высокочастотной составляющей: составляющая же высокой частоты идет через катушку обратной связи $L_а$ с последовательно включенным конденсатором переменной емкости $C_а$, которым можно регулировать обратную связь.

Катушки $L_а$ и L располагаются неподвижно одна относительно другой. При увеличении емкости $C_а$ возрастает ток высокой частоты в катушке $L_а$ и обратная связь усиливается. Конденсатор обратной связи $C_а$ имеет емкость 200—500 *пф* и может быть с твердым диэлектриком. Иногда последовательно с ним включают постоянный конденсатор на 1 000—2 000 *пф* как предохранительный на случай замыкания пластин в $C_а$. Катушка $L_а$ обычно имеет число витков, в несколько раз меньшее, чем у контурной катушки, и может быть намотана из любого, даже очень тонкого провода. Если катушки $L_а$ и L намотаны на одном каркасе, то для уменьшения паразитной емкости между анодом и управляющей сеткой следует их наиболее удаленные друг от друга концы подключать к аноду (у $L_а$) и к управляющей сетке (у L).

Чтобы обратная связь не получалась слишком сильной, рекомендуется между анодом и катодом лампы включить конденсатор небольшой емкости (30—100 *пф*). Тогда ток высокой частоты частично ответвляется через этот конденсатор и не проходил полностью в катушку $L_а$.

Дроссель высокой частоты *Др* должен иметь несколько сотен витков и обладать возможно меньшей собственной емкостью; обычно для этого его обмотку делают секционированной.

Вместо триодов в детекторно-регенеративном каскаде часто применяются тетроды и особенно пентоды, дающие значительно большее усиление. Регулирование обратной освязи при применении тетрода или пентода может осуществляться посредством конденсатора переменной емкости по схеме на рис. 3,*а*. Еще лучшим способом является регулирование обратной связи путем изменения напряжения на экранной сетке с помощью потенциометра R (рис. 3,*б*). При таком способе изменения обратной связи меньше влияют на настройку контура.

Для хорошей работы регенератора важно, чтобы подход к генерации был *плавным*, так как только при

этих условиях величину связи можно доводить почти до самого порога генерации и таким путем получать максимальное усиление. В случае «мягкого» (плавного) подхода к порогу генерации возникшая генерация при уменьшении обратной связи обрывается так же плавно и при том же самом значении величины связи, при каком она возникла. Порог генерации получается один, вполне определенный и устойчивый. Поэтому дальние станции можно принимать устойчиво у самого порога генерации, когда усиление получается наибольшим.

В противоположность этому иногда наблюдается «жесткий» (резкий) подход к порогу генерации или так называемое *затягивание генерации.* При нем не удается подойти близко к порогу генерации. Еще до получения режима с максимальным усилением генерация возникает резко, «щелчком», а при уменьшении обратной связи генерация затягивается и затем так же резко, «щелчком», обрывается при гораздо меньшем значении обратной связи, чем то, при котором она возникла. Получаются как бы два неустойчивых порога генерации. Поэтому принимать далекие и слабые станции с наибольшим усилением у самого порога невозможно.

Для устранения жесткого подхода к генерации необходимо уменьшить анодное напряжение на детекторной лампе и тщательно подобрать величину сеточного сопротивления (утечки сетки). Плавность подхода к генерации зависит от положения рабочей точки на характеристике анодного тока. Необходимо, чтобы она была на участке наибольшей крутизны, т. е. на прямолинейном участке. Отсюда, между прочим, следует, что при анодном детектировании применять регенерацию нецелесообразно, так как рабочая точка в этом случае находится на нижнем изгибе.

Помимо подбора величины R_c для получения плавного подхода к генерации и обеспечения наилучших условий детектирования в батарейном приемнике, следует пробовать включать R_c на плюс или минус батареи накала. Обычно включение на минус дает более плавный подход к генерации, но зато включение на плюс дает более громкую слышимость. Для подбора наилучшего режима детектирования и регенерации можно также включить R_c на движок потенциометра, соединенного с концами нити, и подобрать наивыгоднейшее положение рабочей точки.

Сеточный детектор, как мы знаем, является одновременно и детектором и усилителем низкой частоты. При наличии регенерации он, кроме того, дает большое усиление высокой частоты. Чувствительность регенеративного приемника поэтому очень велика, особенно к слабым сигналам. Чем слабее принимаемый сигнал, тем больше усиление, даваемое регенератором. Для слабых сигналов усиление доходит до нескольких тысяч, а для сигналов близких мощных станций, которые слышны громко и без обратной связи, усиление получается малым и недостаточным для приема на громкоговоритель.

Избирательность также значительно увеличивается от применения регенерации. У порога генерации она становится особенно высокой, а полоса пропускаемых частот весьма заметно суживается, так что при настройке точно в резонанс слышимость становится глухой из-за срезания крайних боковых частот, которыми передаются высокие звуки. Однако все же мощные близкие станции слышны в большом диапазоне настройки регенератора и сильно мешают приему других станций, особенно слабых и далеких. Эти недостатки регенератора устраняются применением каскадов усиления высокой частоты.

Необходимость каскада усиления высокой частоты диктуется еще одним довольно неприятным свойством регенеративного приемника. В режиме генерации он фактически превращается в маломощный передатчик и излучает через антенну радиоволны, которые принимаются соседними приемниками и создают в них помехи в виде свистов, завываний и т. п. Такое паразитное излучение регенератора совершенно недопустимо, и для его устранения обязательно наличие в приемнике каскада усиления высокой частоты. Тогда колебания, генерируемые в детекторном каскаде, не смогут пройти в антенну.

В последнее время приемники прямого усиления с обратной связью применяются все меньше и меньше, что объясняется следующими причинами.

Чтобы построить приемник прямого усиления, обладающий большой чувствительностью и высокой избирательностью, нужно увеличить в нем число каскадов усиления высокой частоты. Но тогда даже при тщательной экранировке трудно избавиться от паразитной генерации. Большое число резонансных контуров чрезвычайно удорожает приемник, усложняет его конструкцию и настройку. Для осуществления одноручечной настройки можно подогнать в резонанс два-три контура, настраивающихся с помощью агрегата конденсаторов переменной емкости, но сделать это для большего числа контуров очень трудно. Кроме того, каскады усиления высокой частоты, работающие в радиовещательном диапазоне или в диапазоне коротких волн, дают сравнительно малое усиление, так как сопротивление анодного контура получается во много раз меньшим внутреннего сопротивления лампы. Приемник прямого усиления нелегко настраивать: необходимо одновременно вращать ручку настройки и ручку обратной связи; слабые сигналы можно принимать только при установке обратной связи у самого порога генерации, что требует от настраивающего большого опыта.

Все эти недостатки почти полностью устраняются в приемнике с преобразованием частоты, т. е. в супергетеродине.

Иногда для упрощения схемы и конструкции в супергетеродинном приемнике вместо второго гетеродина применяют сеточный детектор с обратной связью. Помимо возможности приема телеграфных сигналов, обратная связь в этом случае дает также некоторое усиление телефонных сигналов, особенно если они слабы.

УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ[1]

В усилителях крайне редко ограничиваются одним каскадом усиления, состоящим обычно из одной лампы и связанных с нею элементов схемы.

Первый каскад усилителя, соединяемый с источником усиливаемой энергии, называется *входным.* Последний каскад усилителя, работающий на нагрузку, называется *выходным.* Остальные каскады носят название промежуточных.

Ряд типов усилителей предназачается только для усиления подводимого к ним напряжения, причем выделяемая при этом усилителем мощность не играет существенной роли. Такие усилители называются *усилителями напряжения.* К ним относятся, например, микрофонные, предварительные студийные, предварительные трансляционные и измерительные усилители.

Часть типов усилителей предназначена, наоборот, для выделения в нагрузке определенной мощности. К ним относятся: выходной каскад радиоприемника, око-

[1] По разным источникам.

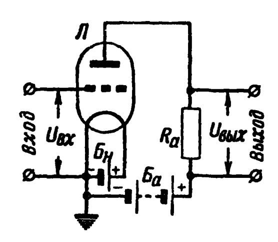


Рис. 1. Схема усилительного каскада.

нечные усилители радиотрансляционных узлов, оконечные студийные усилители и оконечные усилители установок для усиления речей ораторов. Они не могут работать непосредственно от напряжения, развиваемого многими источниками электрических колебаний звуковой частоты, и требуют подачи на вход напряжения от предварительного усилителя. Поэтому все предварительные усилители являются усилителями напряжения.

Рассмотрим процесс усиления электрических колебаний с помощью триода.

Схема усилительного каскада. Простейшая схема усилителя с одной лампой показана на рис. 1. Такой усилитель называется *каскадом усиления*. Основными частями усилительного каскада являются: лампа *Л*, источники питания $Б_н$ и $Б_а$ и нагрузочное анодное сопротивление $R_а$, включенное последовательно в анодную цепь.

Источник того переменного напряжения $U_{вх}$, которое нужно усилить, присоединяется к управляющей сетке и катоду лампы. Поэтому управляющую сетку и катод называют входом усилительного каскада.

Переменное напряжение, поступающее на управляющую сетку, вызывает пульсация анодного тока. Объясняется это тем, что за время действия положительного полупериода напряжения на управляющей сетке анодный ток лампы увеличивается, а за время отрицательного полупериода — уменьшается, как показано на рис. 2. Пульсирующий анодный ток содержит постоянную и переменную составляющие. Проходя через нагрузочное сопротивление $R_а$, анодный ток создает на нем пульсирующее падение напряжения, которое также имеет постоянную и переменную составляющие. Если нагрузочное сопротивление $R_а$ имеет достаточно большую величину, то получающееся на нем переменное напряжение $U_{вых}$ будет значительно больше переменного напряжения $U_{вх}$, поданного на управляющую сетку, т. е. получится усиление. Зажимы сопротивления $R_а$ называют выходом усилительного каскада.

Коэффициент усиления каскада. Важной величиной, характеризующей работу усилительного каскада, является коэффициент усиления каскада, обозначаемый буквой *К*. Этот коэффициент показывает, во сколько раз данный каскад усиливает переменное напряжение, подводимое к сетке лампы.

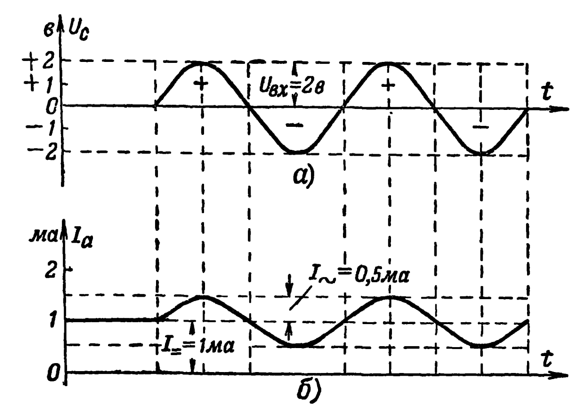


Рис. 2. График напряжения на сетке (*а*) и анодного тока (*б*) в усилительном каскаде.

Для определения величины коэффициента усиления каскада нужно разделить выходное напряжение $U_{вых}$ на входное напряжение $U_{вх}$. Таким образом, можно написать:

$$K = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$$

Если, например, от детектора в цепь сетки первой лампы усилителя поступает переменное напряжение низкой частоты с амплитудой 0,1 *в*, а в цепи сетки второй лампы усилителя нужно получить переменное напряжение с амплитудой 7 *в*; то коэффициент усиления первого каскада должен быть $\frac{7}{0,1}=70$.

Чем больше анодное нагрузочное сопротивление $R_а$, тем большее напряжение $U_{вых}$ выделяется на нем и, следовательно, тем больше коэффициент усиления каскада.

Коэффициент усиления всего усилителя *К* зависит от коэффициента усиления его отдельных каскадов. Если обозначить их через K_1, K_2, K_3 и т. д., то можно написать:

$$K = K_1 K_2 K_3.$$

Например, если усилитель имеет три каскада с коэффициентами усиления $K_1=20$; $K_2=20$ и $K_3=5$, то общий коэффициент усиления всего усилителя будет $K=20\cdot 20\cdot 5=2\,000$.

Это значит, что если на вход этого усилителя подать напряжение $U_{вх}=10$ *мв* $=0,01$ *в*, то на выходе получится усиленное напряжение $U_{вых}=2\,000\cdot 0,01=20$ *в*.

Выходная мощность. Второй величиной, характеризующей усилитель, является выходная мощность $P_{вых}$. Это мощность того переменного тока низкой частоты, который усилитель создает в выходной нагрузке, т. е. в тех громкоговорителях, которые включены на его выходе. В маломощных усилителях $P_{вых}$ составляет доли ватта, в усилителях средней мощности $P_{вых}$ равно единицам или десяткам ватт, а усилители большой мощности имеют выходную мощность от сотен ватт до нескольких киловатт.

Величина выходной мощности всегда указывается для усилителя, работающего в нормальных условиях, т. е. когда на его вход подается нормальное напряжение. Каждый усилитель может развивать мощность больше нормальной, но такой случай называют *перегрузкой*. При работе с перегрузкой увеличиваются искажения и, кроме того, повышенные напряжения в цепях последнего каскада усилителя могут привести к аварии (пробой конденсаторов или изоляции в трансформаторах, выход из строя ламп).

Диапазон частот. Усилитель обычно бывает рассчитан на усиление колебаний в определенном диапазоне частот.

В зависимости от назначения усилителя этот диапазон может быть более широким или более узким. Усилители, применяющиеся только для усиления колебаний разговорной речи, имеют сравнительно узкий диапазон воспроизводимых частот, примерно 200—2 000 *гц*, а усилители, предназначенные для художественных передач, должны усиливать возможно более широкий диапазон частот, например 50—10 000 *гц*. Чем шире диапазон частот, нормально пропускаемых усилителем, тем натуральнее будет звучать воспроизводимая передача.

Усилитель низкой частоты на сопротивлениях. Наиболее распространенной схемой усиления колебаний низкой частоты является схема усилителя на сопротивлениях, в которой нагрузочное анодное сопротивление $R_а$ представляет собой обычное активное сопротивление.

На рис. 3 показаны схемы одного каскада усилителя на сопротивлениях и способ соединения ее с управляющей сеткой лампы следующего каскада.

Выше как раз и рассматривался принцип работы именно такого усилительного каскада (см. рис. 1). Переменное напряжение здесь подается для усиления на управляющую сетку первой лампы $Л_1$. Это напряжение обозначено $U_{вх}$. Анодный ток первой лампы становится пульсирующим; его постоянная составляющая проходит через анодную батарею $Б_а$, а переменная составляющая — через блокировочный конденсатор $С_б$, шунтирующий эту батарею.

На нагрузочном сопротивлении $R_а$ под действием переменной составляющей анодного тока выделяется усиленное переменное напряжение. Это напряжение для его дальнейшего усиления подают на управляющую сетку следующей лампы $Л_2$.

Таким образом, усилитель на сопротивлениях является всегда предварительным каскадом, а не оконечным. Однако нельзя подать переменное напряжение с сопротивления $R_а$ непосредственено к сетке и катоду следующей лампы, так как тогда на сетку лампы $Л_2$ попадет положительный полюс высокого напряжения, что совершенно недопустимо. Поэтому переменное напряжение всегда подается на следующий каскад усилителя через сеточный конденсатор $С_с$, называемый обычно *переходным* или *разделительным конденсатором*. Он изолирует сетку лампы $Л_2$ от высокого постоянного напряжения анодной батареи, но свободно пропускает переменное напряжение.

Вместе с таким сеточным конденсатором обязательно включается еще и сеточное сопротивление $R_с$, называемое *сопротивлением утечки сетки*. Без этого сопротивления лампа не может нормально работать. Объясняется это тем, что в течение действия каждого положительного полупериода напряжения на сетку она заряжается положительно и поэтому притягивает к себе некоторое количество электронов, летящих через нее к аноду. Для этих осевших на сетке электронов надо создать свободный путь к катоду лампы. В противном случае через небольшой промежуток времени отрицательный заряд на сетке лампы возрастет настолько, что лампа «запрется», т. е. перестанет работать. Сопротивление $R_с$ утечки сетки и служит тем путем, по которому электроны стекают обратно к катоду лампы.

Лампа может запереться даже и в том случае, когда на управляющую сетку ее не поступает переменное напряжение, так как и тогда некоторая часть электронов, летящих к аноду, будет оседать на сетке и не сможет возвращаться к катоду лампы. При наличии же сеточного сопротивления $R_с$ электроны свободно «стекают» по нему обратно к катоду, образуя в цепи сетки лампы $Л_2$ сеточный ток.

Таким образом, переменное напряжение с анодного (верхнего на рис. 3) конца сопротивления $R_а$ подается на сетку лампы $Л_2$ через конденсатор $С_с$, а с другого (нижнего) конца этого сопротивления — к катоду этой лампы через блокировочный конденсатор $С_б$. Это переменное напряжение, подводимое к управляющей сетке второй лампы, является выходным напряжением первого каскада $U_{вых}$.

Детали $С_с$ и $R_с$ при рассмотрении работы усилительного каскада принято считать входящими в состав анодного нагрузочного сопротивления этого каскада (дополнительно к $R_а$).

Частотная характеристика усилителя. Всякий усилитель низкой частоты предназначен для усиления колебаний не какой-нибудь одной определенной частоты, а всех частот, лежащих в пределах диапазона звуковых колебаний. Поэтому, изучая качества усилителя, необходимо не только определить, какое усиление он

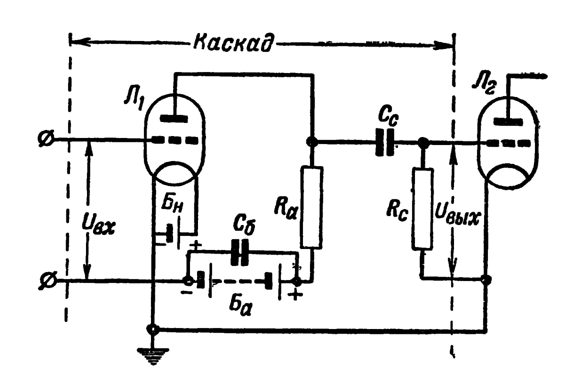


Рис. 3. Усилитель низкой частоты на сопротивлениях.

может дать при определенной частоте, но и выяснить также, как зависит величина этого усиления от частоты усиливаемых колебаний.

Если подводить к усилителю напряжения вполне определенной амплитуды, но разной частоты и одновременно измерять те напряжения, которые дает усилитель на выходе, то можно определить коэффициент усиления, даваемый данным усилителем при той или другой частоте усиливаемых колебаний. Результаты этих измерений можно изобразить графически, откладывая по горизонтальной оси частоты усиливаемых колебаний, а по вертикальной — усиление, даваемое усилителем на этих частотах. В результате получим так называемую *частотную характеристику усилителя*, по которой можно судить о равномерности усиления при разных частотах. Примерная частотная характеристика усилителя низкой частоты приведена на рис. 4.

От усилителя, предназначенного для усиления целой полосы частот, требуется, чтобы он примерно одинаково усиливал колебания всех частот, лежащих в этой полосе. Это значит, что частотная характеристика хорошего усилителя должна иметь вид прямой или почти прямой горизонтальной линии. В противном случае усилитель будет работать неудовлетворительно. Непрямолинейность частотной характеристики свидетельствует о том, что звуки разной частоты усиливаются неравномерно, т. е. что усилитель искажает передачу. Искажения, получающиеся из-за неравномерности усиления на разных частотах, носят название *частотных искажений*. Следовательно, усилитель низкой частоты с непрямолинейной частотной характеристикой вносит в передачу частотные искажения.

Конечно, нельзя построить усилитель, который обладал бы абсолютно прямолинейной частотной характеристикой, так как влияние паразитных емкостей между отдельными элементами схемы сказывается тем сильнее,

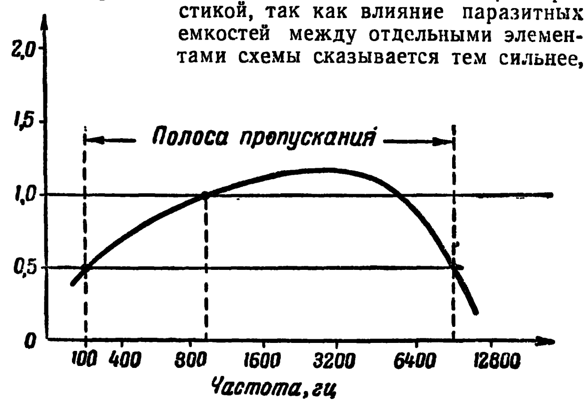


Рис. 4. Частотная характеристика усилителя.

чем больше частота усиливаемых колебаний. Если считать, что величина этих паразитных емкостей составляет несколько десятков пикофарад, то эти емкости будут представлять для средних частот звукового диапазона сравнительно большие сопротивления порядка нескольких миллионов ом и, следовательно, они не будут сколько-нибудь заметно понижать коэффициент усиления. Однако для наиболее высоких частот звукового диапазона сопротивление этих паразитных емкостей понижается уже до сотен тысяч ом и, следовательно, может оказаться одного порядка со значением сопротивлений, применяемых обычно в анодных цепях усилителя. Поэтому усилитель низкой частоты на сопротивлениях в области высоких частот имеет спадающую частотную характеристику (*«завал» на высоких частотах*).

С другой стороны, при усилении самых низких частот звукового диапазона начинает заметно сказываться влияние сопротивления переходной емкости, которое становится сравнительно большим для таких низких частот. Поэтому на очень низких частотах усилитель на сопротивлениях дает тоже малое усиление (*«завал» на низких частотах*).

Итак, наиболее высокие и низкие частоты звукового диапазона будут усиливаться сравнительно мало, в средней же части звукового диапазона колебания всех частот будут усиливаться примерно в одинаковой степени.

Устранение частотных искажений, которые возникают вследствие неравномерного усиления колебаний различных частот, достигается в усилителе низкой частоты на сопротивлениях простыми средствами — правильным выбором электрических величин деталей схемы и рациональным ее выполнением. Во всех же других типах усилителей низкой частоты достигнуть совершенно равномерного усиления всех частот чрезвычайно трудно. Поэтому по сравнению со всеми другими видами усилителей усилитель низкой частоты на сопротивлениях по праву может считаться «неискажающим усилителем». В этом заключается основное достоинство усилителя на сопротивлениях. Но такой усилитель обладает и весьма существенным недостатком: он обладает небольшим усилением. Коэффициент усиления усилителя низкой частоты на сопротивлениях всегда меньше произведения коэффициентов усиления всех примененных в нем ламп. Между тем усилитель на трансформаторах может иметь коэффициент усиления, превышающий коэффициент усиления применяемой лампы.

Трансформаторный усилитель. Схема трансформаторного усилителя показана на рис. 5. Первичная обмотка *I* трансформатора низкой частоты *Тр* включена в анодную цепь лампы *Л* в качестве нагрузочного сопротивления, а на вторичной его обмотке *II* получается усиленное переменное напряжение, которое следует считать выходным напряжением данного каскада.

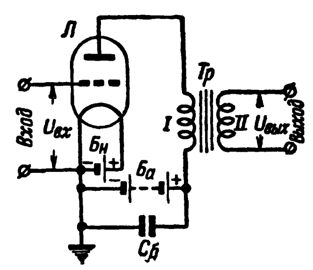


Рис. 5. Схема трансформаторного усилителя.

Если это напряжение подается на следующий каскад усиления, то трансформатор *Тр* называют *междуламповым*, так как он связывает предыдущую лампу с последующей; если же трансформаторный усилитель является оконечным каскадом, то трансформатор называют *выходным* и к его вторичной обмотке подключают телефон или громкоговоритель.

В усилителях применяются междуламповые трансформаторы с отношением числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной обмотки от 1 : 1 до 1 : 4. Число витков первичной обмотки бывает равно нескольким тысячам (от 2 000 до 5 000). Первичная обмотка обладает малым сопротивлением для постоянного тока, и поэтому можно считать, что напряжение на аноде лампы равно напряжению анодной батареи.

Главным достоинством трансформаторного усилителя является высокий коэффициент усиления каскада, который может быть даже больше коэффициента усиления μ лампы, что невозможно в других типах усилителей. Это объясняется тем, что переменное напряжение повышается не только за счет усилительных свойств лампы, но и самим трансформатором, если он повышающий.

Другим преимуществом трансформаторного каскада усиления следует считать то, что в схеме отсутствует переходный конденсатор, в котором может быть утечка. Хорошая изоляция цепи управляющей сетки каждой лампы от анодной цепи предыдущей лампы обеспечивается тем, что обмотки трансформатора надежно изолированы друг от друга.

Междуламповый трансформатор с коэффициентом трансформации 1 : 1, не дающий повышения напряжения, иногда применяется только для того, чтобы передать переменное напряжение к следующему каскаду и предохранить последний от постоянного напряжения.

Недостатком трансформаторного усилителя является то, что он создает бо́льшие искажения, чем усилитель на сопротивлениях.

ВЫХОДНЫЕ КАСКАДЫ[1]

Каскады предварительного усиления всегда работают на следующий каскад. Создаваемые ими напряжения подаются на сетку следующей лампы для управления ее анодным током. Для этого нужны достаточно большие напряжения, но не требуется сколько-нибудь значительной мощности. Поэтому задача предварительных каскадов заключается в усилении напряжения, т. е. в том, чтобы на выходе усилителя получить возможно большее напряжение. Для этого в анодных цепях применяют сопротивления (активные или индуктивные), величина которых по крайней мере в несколько раз превосходит внутреннее сопротивление всех триодов.

Однако не всегда задача усилителя сводится к тому, чтобы получить на выходе максимальное напряжение. В том случае, когда лампа является оконечной и в ее анодную цепь включен телефон или громкоговоритель, задача усилителя оказывается несколько иной. Он должен выделить во внешней цепи (например, громкоговорителе) не наибольшие напряжения, а наибольшую мощность, так как громкость звука зависит в конечном счете от той мощности, которая подводится к громкоговорителю. Поэтому оконечные, выходные, каскады называют усилителями мощности.

Подробное рассмотрение этого вопроса показывает, что наибольшая мощность, которая может быть получена при достаточно малых искажениях, так называемая неискаженная мощность, выделяется во внешней цепи совсем при иных условиях, а именно, когда сопротивление внешней нагрузки переменному току есть величина такого же порядка, как внутреннее сопротивление лампы.

[1] По разным источникам.

Таким образом, телефон или громкоговоритель должен обладать достаточно большим сопротивлением. Обмотка электромагнита громкоговорителя или телефона должна иметь большое число витков — громкоговоритель или телефон должен быть «высокоомным».

В «низкоомном» телефоне или громкоговорителе, имеющем мало витков в обмотке электромагнита и включенном непосредственно в анодную цепь лампы, будет выделяться очень незначительная мощность (вследствие несоответствия друг другу сопротивлений громкоговорителя и лампы), и громкоговоритель будет работать плохо. Такие низкоомные громкоговорители следует включать в анодную цепь оконечной лампы не непосредственно, а через выходной трансформатор, имеющий большое число витков в первичной обмотке и малое — во вторичной. Такой трансформатор является для оконечной лампы подходящей нагрузкой, так как со стороны первичной обмотки его сопротивление достаточно велико, а вторичная обмотка с малым числом витков обладает малым внутренним сопротивлением, что как раз выгодно для работы на низкоомный громкоговоритель.

Все низкоомные громкоговорители независимо от их типа (электромагнитные, динамические и т. д.) должны включаться непосредственно в анодную цепь оконечной лампы, а через понижающий выходной трансформатор. Чтобы можно было наивыгоднейшим образом подобрать внутреннее сопротивление вторичной обмотки выходного трансформатора к сопротивлению громкоговорителя (в случае применения различных типов громкоговорителей), вторичная обмотка выходного трансформатора часто делается секционированной.

Высокоомные громкоговорители хотя и можно с точки зрения выделения наибольшей энергии включать непосредственно в анодную цепь оконечной лампы, но часто это бывает нецелесообразно по другой причине. При непосредственном включении громкоговорителя в анодную цепь через обмотку громкоговорителя проходит весь постоянный анодный ток лампы, который нагревает обмотку, создает добавочное подмагничивание и т. п. Между тем для работы громкоговорителя этот постоянный анодный ток совсем не нужен, так как громкоговоритель приводится в действие только переменной составляющей анодного тока. Чтобы не перегружать громкоговоритель постоянным током, для включения высокоомных громкоговорителей иногда также пользуются выходным трансформатором, но в этом случае трансформатор имеет примерно одинаковое число витков в первичной и вторичной обмотках.

Вместо выходного трансформатора для той же цели применяется так называемый дроссельный выход (рис. 1). Обмотка громкоговорителя *Гр* включается в анодную цепь лампы через конденсатор *С*, который не пропускает в обмотку постоянной составляющей анодного тока. Чтобы создать путь для постоянной составляющей анодного тока (без чего лампа не могла бы работать), включается дроссель низкой частоты *Др*. Индуктивное сопротивление этого дросселя должно быть достаточно велико, чтобы в него не ответвлялись сколько-нибудь заметно переменные токи, питающие громкоговоритель.

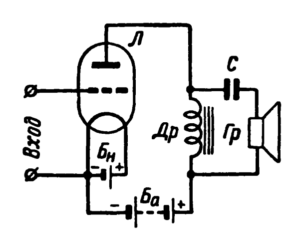


Рис. 1. Дроссельный выход приемника.

Так как оконечная лампа должна выделять в анодной цепи значительную мощность, она должна допускать высокие анодные напряжения и давать значительные анодные токи. Мощность, которая должна быть подведена от источника анодного напряжения к оконечной лампе, должна быть в 5—10 раз больше той мощности, которую нужно выделить в анодной цепи, т. е. которую потребляет громкоговоритель.

В данных об оконечных лампах, помимо указаний о той мощности, которая может быть подведена к лампе, часто указывается и та неискаженная мощность, которую лампа может отдать. Эта мощность во всяком случае должна быть не меньше той, которая необходима для нормальной работы громкоговорителя.

Для выходных каскадов, работающих на динамический громкоговоритель, обычно применяются выходные пентоды (6П14П, 6П18П) или близкие им по свойствам специальные выходные тетроды (6П1П, 6П3С).

Современные пентоды и выходные тетроды позволяют получить в 3 раза бо́льшие выходную мощность и к. п. д., чем триоды с такой же мощностью, расходуемой на накал катодов. Однако современные выходные лампы, рассчитанные для работы в однотактных схемах, имеют все же низкий к. п. д.

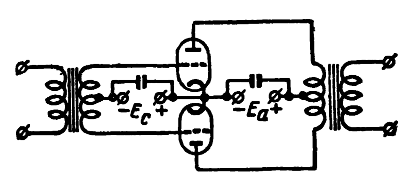


Рис. 2. Схема двухтактного выходного каскада

Усилитель, работающий в режиме класса А, дает самые маленькие искажения, но и самую маленькую мощность, которую можно снять с данной лампы. Коэффициент полезного действия такого каскада очень мал: от 65 до 75% мощности, потребляемой лампой от анодного источника, расходуются на вредный нагрев лампы и только 25—35% обращаются в полезную мощность переменного тока звуковой частоты. Это значит, что если мы правильно нагрузили хорошую выходную лампу и хотим снять с нее мощность 2 *вт*, то к ее анодной цепи надо подвести мощность 5—6 *вт* от источника анодного питания. Потребление приемником нескольких лишних ватт на первый взгляд не может привести к большим потерям мощности. Однако в нашей стране работают миллионы приемников и даже самая маленькая экономия в одном приемнике приводит в итоге к экономии громадной энергии.

Для улучшения к. п. д. выходных каскадов применяют так называемые двухтактные усилители, работающие в режиме класса В (рис. 2). Рабочая точка у каждой из двух ламп усилителя класса В выбрана так, что при отсутствии сигнала ток через лампу почти не проходит.

Как видно из схемы усилителя, средняя точка вторичной обмотки входного трансформатора соединяется с катодами ламп. Поэтому переменное напряжение, подаваемое на сетки этих ламп, всегда имеет противоположные знаки. В течение каждой половины периода одна лампа (на сетке которой действует отрицательная полуволна напряжения) заперта, а другая (на сетке которой действует положительная полуволна напряжения) отперта и усиливает эту полуволну. В следующий полупериод лампы меняются ролями: та, которая была запертой, усиливает напряжение, а усиливавшая — запирается. В выходном трансформаторе усиленные полуволны от поочередной работы лампы складываются, и в нагрузке (во вторичной обмотке выходного трансформатора) протекает ток, повторяющий своей формой подведенное к сеткам ламп напряжение. При этом неопасно, что лампы работают и на криволинейном ниж-

нем участке характеристики, поскольку искажения, возникающие от этого в одной лампе, компенсируются противоположными искажениями в другой. Подбором ламп эти искажения можно свести к минимуму.

Выходной трансформатор для двухтактного каскада может быть меньше, чем для однотактного, так как в трансформаторе двухтактного каскада не происходит намагничивания сердечника. Обе половины первичной обмотки состоят из равного числа витков и по ним в разные стороны проходит одинаковый ток. Каждая половина намагничивает сердечник по-своему, но так как ампер-витки у них равны, то сердечник остается ненамагниченным. Следовательно, и воздушный зазор у двухтактного выходного трансформатора делать нецелесообразно.

Понятно, что усиление в режиме класса В возможно только при наличии двух ламп в выходном каскаде. Если попробовать послушать передачу после усиления ее однотактным усилителем класса В, то ничего понять не удастся, так как будет усиливаться только половина звуковых колебаний [1].

Если нет высокоомного вольтметра, а усилитель уже собран, но дает искажения, надо предварительно убедиться в том, что на вход усилителя подается чистый сигнал, а затем изменять напряжение смещения до получения наименьших искажений передачи.

[1] Подробно о классах усиления изложено на стр. 122—131.

САМОДЕЛЬНЫЙ ДВУХЛАМПОВЫЙ ПРИЕМНИК[1]

Приемник собран по схеме прямого усиления 0-V-1 (рис. 1) и рассчитан на прием радиовещательных станций в диапазонах длинных (2 000—732 *м*) и средних (577—200 *м*) волн. Питание приемника осуществляется от сети переменного тока напряжением 127 или 220 *в*. Подробная схема приемника дана на цветной вкладке в конце книги.

Первая лампа работает в режиме сеточного детектора с положительной обратной связью. Последняя регулируется переменным сопротивлением R_6. Вторая лампа $Л_2$ служит оконечным усилителем мощности. В анодную цепь этой лампы через выходной трансформатор $Тр_1$ включен динамический громкоговоритель *Гр*. Выпрямитель собран по мостовой схеме на германиевых плоскостных диодах ДГ-Ц27.

В приемнике имеются гнезда для включения звукоснимателя *Зв*. При использовании пьезоэлектрического звукоснимателя необходимо параллельно гнездам *Зв* подключить сопротивление, показанное на схеме пунктиром.

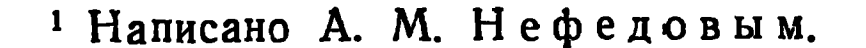
Силовой трансформатор $Тр_2$ собран на сердечнике из пластин Ш-18; толщина пакета 40 *мм*. Сетевая обмотка трансформатора намотана проводом ПЭЛ 0,31 и содержит 880 + 700 витков. Повышающая обмотка состоит из 1700 витков провода ПЭЛ 0,2. Обмотка накала ламп имеет 50 витков провода ПЭЛ 0,41. Между сетевой и остальными обмотками намотан в один слой провод ПЭЛ 0,2, служащий экраном. Один из концов этого провода соединяется с заземленным общим проводом.

Дроссель фильтра *Др* намотан на сердечнике из пластины Ш-18; толщина пакета 20 *мм*. Дроссель содержит 3 200 витков провода ПЭЛ 0,15—0,2.

Выходной трансформатор $Тр_1$ намотан на сердечнике из пластин Ш-18; толщина пакета 20 *мм*. Первичная обмотка содержит 3 500 витков провода ПЭЛ 0,14, а вторичная — 100 витков ПЭЛ 0,64.

Силовой и выходной трансформаторы, а также дроссель фильтра можно применить заводского изготовления.

Катушки приемника L_1, L_2, L_3, L_4 наматывают на каркас, склеенный из органического стекла, текстолита или фанеры толщиной 1,5—3 *мм*. В каркасе сверлят отверстия диаметром 1—2 *мм* для закрепления концов провода. Катушка L_1 имеет 140 витков, L_2—345 витков, L_3—60 витков, L_4—160 витков. Все катушки намотаны в



[1] Написано А. М. Нефедовым.

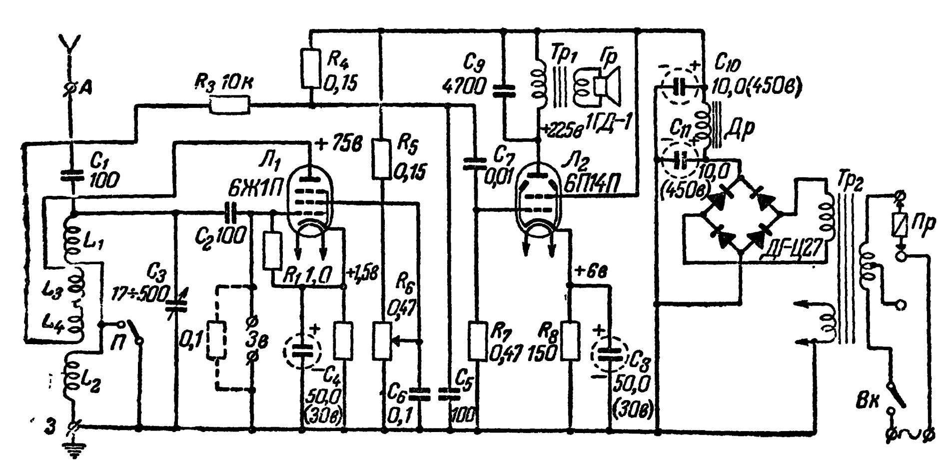


Рис. 1. Принципиальная схема приемника.

одном направлении проводом ПЭЛ 0,12—0,15; катушка L_1 намотана виток к витку, остальные—внавал в пазах каркаса.

Переключатель диапазонов *П*. Устройство переключателя видно на вкладке. Детали его изготавливают из листовой меди или латуни толщиной 1—1,5 *мм*.

Конденсатор переменной емкости C_3 применен с воздушным диэлектриком. При отсутствии одинарного конденсатора можно использовать секцию сдвоенного блока конденсаторов переменной емкости.

Приемник монтируют на шасси, изготовленном из дюралюминия, досок или фанеры. Сердечники трансформаторов $Тр_1$, $Тр_2$, дросселя $Др_1$ и ось переменного сопротивления R_6 в случае применения деревянного шасси должны быть соединены с общим (заземленным) проводом. Данные всех деталей и режим ламп приведены на принципиальной схеме.

Закончив монтаж, следует тщательно проверить все соединения по принципиальной схеме, после чего можно включать приемник в электросеть.

Налаживание приемника сводится к подбору элементов цепи обратной связи и подгонке режима ламп. Сопротивление R_5 подбирают такой величины, чтобы при регулировке обратной связи переменным сопротивлением R_6 приемник не возбуждался (не свистел), но был близок к порогу возбуждения. Этого нужно добиться на обоих диапазонах при любом положении подвижных пластин конденсатора переменной емкости C_3.

Для нормальной работы приемника нужна наружная антенна длиной 10—15 *м*.

ДЕТАЛИ И ЦЕПИ ПРИЕМНИКА 0-V-1

Приведенное на цветной вкладке описание двухлампового приемника 0-V-1 предназначено для начинающих радиолюбителей и радиокружков. В описании даны все указания для того, чтобы правильно построить радиоприемник.

Но этим нельзя ограничиться. Каждый радиолюбитель должен совершенно отчетливо представлять себе, каковы принципы работы приемника, каково назначение всех его деталей, знать цепи радиоприемника, т. е. те пути, по которым проходят различные токи.

Ниже дается довольно подробное объяснение работы приемника 0-V-1.

Высокая частота, низкая частота и постоянный ток. Чтобы понять, как работает приемник, надо знать, какие в нем проходят токи. Эти токи бывают трех видов: постоянный, переменный ток высокой частоты и переменный ток низкой частоты.

Постоянный ток для питания анодных и экранных цепей ламп приемника получается от батарей или выпрямителя. Лампы, применяемые в приемниках, бывают с прямым катодом и с косвенным — подогревные. Лампы с прямым катодом применяются в приемниках с питанием от батарей, подогревные лампы — в сетевых приемниках. В описываемом приемнике применены подогревные лампы.

Такие лампы имеют нить накала и отдельный катод. Нить накала разогревается переменным током, проходящим через нее, и нагревает катод до такой температуры, при которой из него начинают вылетать электроны, т. е. создается электронная эмиссия. Анодная батарея в батарейных приемниках или выпрямитель в сетевых служат для поддержания анодного тока ламп и токов экранных сеток.

От батарей или выпрямителя на аноды и экранные сетки ламп подается положительное напряжение.

Когда на аноды и экранные сетки ламп подано положительное напряжение, вылетевшие из катода электроны притягиваются к этим электродам и создают анодные токи и токи экранных сеток.

Переменные токи высокой частоты поступают в приемник из антенны, где они возбуждаются радиоволнами принимаемой станции. Описанный приемник 0-V-1 предназначен для приема станций, работающих на волнах от 2 000 до 200 *м*, что соответствует частотам от 150 до 1 500 *кгц*.

Переменные токи низкой или звуковой частоты получаются в приемнике в результате детектирования модулированных высокочастотных токов. Звуковые частоты, применяемые в радиовещании, лежат в пределах примерно от 50—80 до 5 000—6 000 *гц*.

Детали, из которых собран приемник, и соединительные провода между ними называют цепями приемника. В зависимости от того, какой вид тока течет по цепям, различают высокочастотные цепи, низкочастотные цепи и цепи постоянного тока.

Детали. Чтобы разобраться в работе приемника, надо знать, как ведут себя те или иные детали по отношению к разным видам токов.

Все детали приемника относятся к одной из трех групп: к индуктивностям, емкостям и активным сопротивлениям. К первой из групп в данном приемнике принадлежат контурные катушки, обмотки дросселя, выходного и си-

лового трансформаторов; к второй группе относятся конденсаторы всех типов как переменные, так и постоянные; к третьей — все сопротивления. Строго говоря, такое разделение деталей по группам не всегда может быть произведено совершенно четко, так как, например, индуктивности в некоторых случаях могут обладать в известной степени свойствами емкостей, но для нашего рассмотрения такие отступления от общего правила не имеют значения.

Детали всех видов оказывают токам определенное сопротивление. На преодоление этого сопротивления затрачивается часть действующего напряжения. В таких случаях говорят, что в данной детали происходит падение напряжения. Чем больше сопротивление детали, тем бóльшая доля напряжения затрачивается на его преодоление, т. е. тем больше падение напряжения в этой детали.

Одинаково ведут себя по отношению к токам различных видов активные сопротивления. Величина их для всех токов одинакова. Если взять, например, сопротивление 20 000 *ом*, то величина его останется одинаковой для токов всех видов. Следовательно, и величина падения напряжения в активном сопротивлении не зависит от вида тока.

Иначе ведут себя катушки индуктивности. Они пропускают через себя токи всех видов, но оказывают им неодинаковое сопротивление. Постоянному току они оказывают самое малое сопротивление; оно равно их активному сопротивлению, т. е. сопротивлению того провода, из которого выполнена катушка. Это сопротивление обыкновенно бывает настолько малым, что можно часто не принимать его во внимание и считать, что катушка не представляет для постоянного тока никакого сопротивления.

Для переменных токов высокой и низкой частот катушка представляет, кроме активного, еще некоторое дополнительное индуктивное сопротивление, величина которого тем больше, чем выше частота тока. Величину индуктивного сопротивления X_L в омах можно вычислить по формуле

$$X_L = \omega L = 2\pi f L,$$

где $\pi = 3{,}14$;
f — частота тока, *гц*;
L — величина идуктивности, *г*.

Советуем радиолюбителю подставить в эту формулу различные величины частоты и убедиться в том, что одна и та же катушка, не представляя постоянному току почти никакого сопротивления, может для низких звуковых частот являться сопротивлением в тысячи ом, а для высоких частот — в миллионы ом. Следовательно, постоянный ток пройдет через такую катушку совершенно свободно, ток низкой частоты пройдет с некоторым затруднением, а ток высокой частоты практически совсем не пройдет, так как для него это сопротивление слишком велико.

Конденсаторы совсем не пропускают постоянный ток; они для постоянного тока представляют бесконечно большое сопротивление. По отношению к переменному току конденсаторы ведут себя, как сопротивления, величина которых тем больше, чем меньше частота тока, т. е. зависимость величины сопротивления от частоты обратная, чем у индуктивностей.

Вычислить величину емкостного сопротивления X_C для переменного тока можно по формуле

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C},$$

где C — величина емкости, *ф*, а остальные величины те же, что и в предыдущей формуле.

Подставив в эту формулу различные данные, радиолюбитель легко убедится в том, что конденсатор представляет собой для постоянного тока непреодолимую преграду. Он является сравнительно большим сопротивлением для низкочастотных токов, тем бóльшим, чем ниже частота, и сравнительно малым сопротивлением для высокочастотных токов, тем меньшим, чем выше частота.

Различные величины сопротивления, которые оказывают катушки, конденсаторы и активные сопротивления токам того или иного вида, позволяют производить разделение токов, проходящих в общей цепи.

Допустим, что по проводу (рис. 1) проходят одновременно постоянный ток (сплошная линия), ток низкой частоты (крупный пунктир) и ток высокой частоты (мелкий пунктир). Эти токи нам надо разделить. Ответвить высокочастотный ток легко, комбинируя

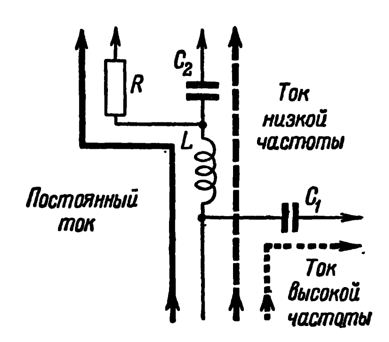


Рис. 1. Разделение токов, текущих в общей цепи.

конденсатор малой емкости C_1 и катушку L. Если величина индуктивности катушки достаточно велика, то высокочастотный ток «свернет» через емкость, так как сопротивление катушки для него оказывается очень большим. Постоянный и низкочастотный токи пройдут через катушку (первый из них вообще не может проходить через емкость, а для второго путь через катушку представляет меньшее сопротивление, чем через конденсатор малой емкости).

Далее постоянный ток, встретив на пути конденсатор C_2, «сворачивает» в сопротивление R, а низкочастотный ток пойдет через конденсатор C_2, если его емкость достаточно велика для того, чтобы емкостное сопротивление низкочастотному току было много меньше величины сопротивления R.

Запомнив эти особенности прохождения различных токов, мы можем приступить к рассмотрению их путей прохождения в приемнике 0-V-1.

Пути постоянного тока. Путь тока анодного источника идет от плюса выпрямителя ($+A$) и далее разветвляется на несколько цепей (см. вкладку на стр. 172).

Одна часть постоянного тока анодного источника проходит через первичную обмотку выходного трансформатора $Тр_1$ к аноду лампы $Л_2$, затем внутри лампы от ее анода к катоду и через сопротивление R_8 попадает к минусу выпрямителя ($—A$). На преодоление сопротивления R_8 затрачивается некоторое напряжение (в данной схеме — около 12 *в*), минус которого сообщается управляющей сетке лампы $Л_2$ и несколько смещает рабочую точку на характеристике лампы. Поэтому такое сопротивление часто называется «смещающим» или «сопротивлением смещения».

Другая часть тока анодного источника проходит через потенциометр (сопротивления R_5 и R_6), в котором происходит падение напряжения, в результате чего на экранной сетке лампы $Л_1$ получается несколько пониженное напряжение.

Следующая часть тока идет через сопротивления R_4, R_3, катушки обратной связи L_3, L_4 и лампу $Л_1$ от ее анода на катод. Далее этот ток от катода через сопротивление R_2 попадает обратно в выпрямитель. Нетрудно увидеть, что все другие пути закрыты для него конденсаторами. Например, побочные пути закрыты для него конденсаторами C_7 и C_5. Если замкнуть накоротко, например C_5, то, естественно, ток устремится по этому пути, более легкому, чем через лампу, и лампа в результате работать не будет.

Кроме анодного тока через лампы $Л_1$ и $Л_2$ течет постоянный ток от экранных сеток к катодам ламп и через сопротивления R_2 и R_8 попадает к минусу выпрямителя ($—A$). Ток экранных сеток, протекающий через сопротивления R_2 и R_8 создает на этих сопротивлениях дополнительное падение напряжения.

Пути высокочастотных токов. Цепи высокочастотных токов в приемнике показаны на рис. 2. Эти токи поступают в приемник из антенны. На своем пути они встречают конден-

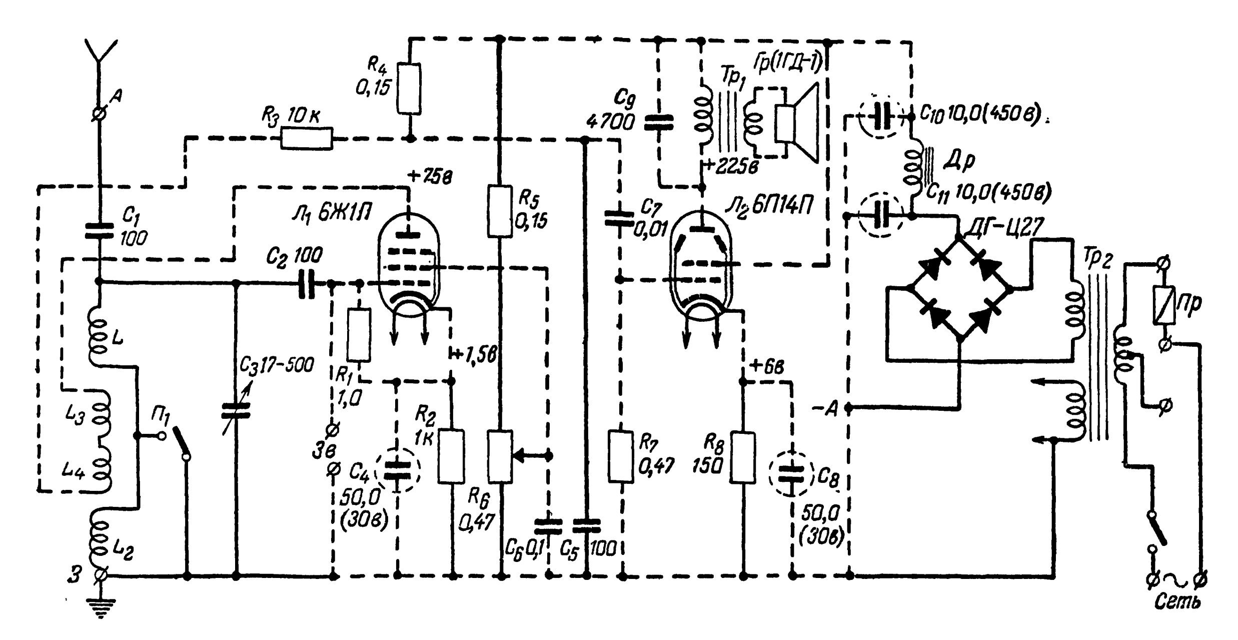


Рис. 2. Схема прохождения токов высокой частоты.

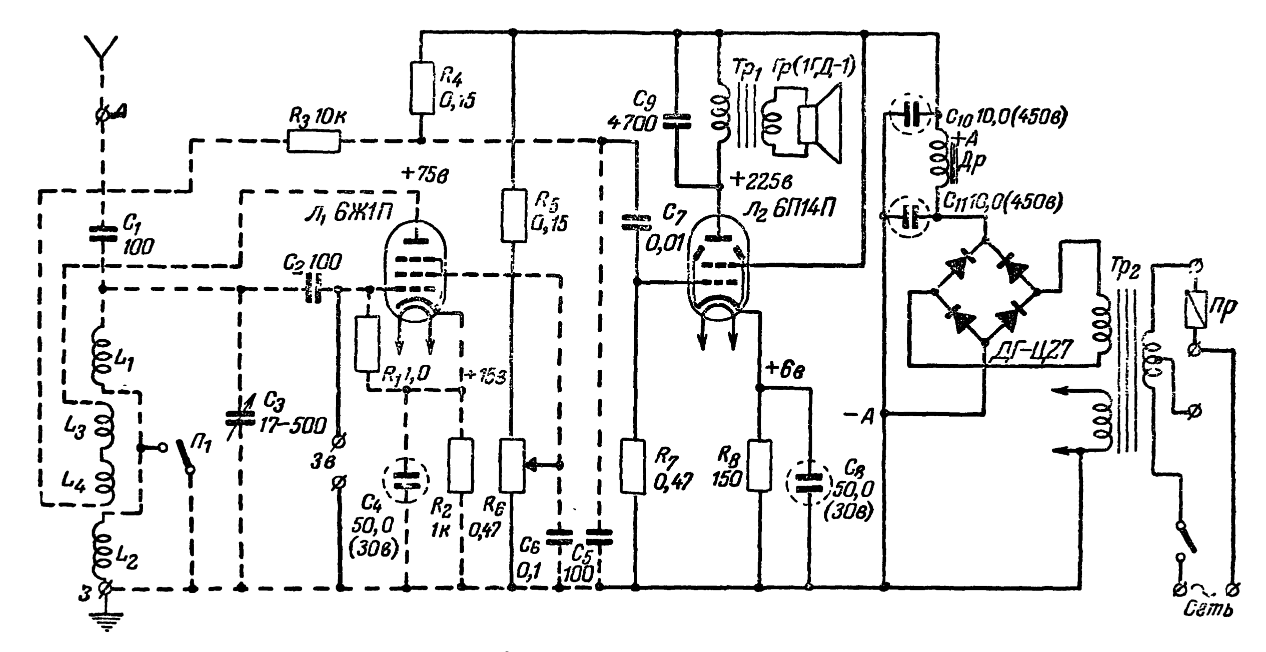


Рис. 3. Цепи токов низкой частоты.

сатор C_1, который для них не представляет серьезного препятствия. Конденсатор этот служит для устранения влияния емкости антенны на настройку контура. Если бы этого конденсатора не было, то емкость антенны присоединялась бы параллельно конденсатору контура C_3, что сильно уменьшило бы перекрытие контура. Конденсатор C_1 оказывается включенным последовательно с емкостью антенна — земля и уменьшает ее влияние.

Далее высокочастотные токи поступают в колебательный контур L_1, L_2, C_3. На концах этого контура при настройке его в резонанс на частоту приходящих сигналов развивается довольно большое напряжение, которое через конденсатор C_2 передается управляющей сетке лампы.

Под воздействием переменного высокочастотного напряжения на управляющей сетке лампы в анодной цепи появится усиленный ток высокой частоты. Этот ток направится от анода через катушки L_3L_4, сопротивление R_3, конденсатор C_5 и сопротивление R_2 к катоду лампы.

В цепи экранной сетки лампы $Л_1$ также есть высокочастотный ток. Он направляется к катоду лампы через конденсатор C_6, сопротивление которого для этого тока несравненно меньше, чем сопротивление R_5.

В остальные цепи приемника высокочастотные токи не проходят; пути для них туда закрыты сопротивлением R_4.

Пути низкочастотных токов. Лампа $Л_1$ не только усиливает высокочастотные переменные токи, но и детектирует их — выделяет из них токи звуковой частоты. Продетектированные токи проходят по сопротивлению утечки сетки лампы R_1 (рис. 3) и создают на нем переменное напряжение звуковой частоты. Это напряжение оказывается приложенным к сетке лампы и вызывает в ее анодной цепи появление усиленного тока звуковой частоты. Этот ток пройдет через катушки обратной связи L_3, L_4, индуктивность которых не столь велика, чтобы составить серьезное препятствие для низкочастотных токов. Затем он пройдет через нагрузочное сопротивление R_3, и нагрузочное сопротивление создаст на последнем падение напряжения и через выпрямитель возвратится на катод лампы.

Ток звуковой частоты образуется и в цепи экранной сетки лампы $Л_1$, но он вернется на катод через конденсатор C_6 (сопротивление R_4 значительно больше, чем емкостное сопротивление конденсатора C_6).

Падение напряжения звуковой частоты, получающееся на сопротивлении R_4, передается через конденсатор C_7 на сетку лампы $Л_2$. Вследствие появления на сетке переменного напряжения звуковой частоты в анодной цепи этой лампы возникнет усиленный ток звуковой частоты, который пройдет через первичную обмотку выходного трансформатора $Тр_1$ и вернется на катод лампы через конденсаторы C_{10} и C_8. В трансформаторе $Тр_1$ ток звуковой частоты трансформируется и со вторичной обмотки попадает в звуковую катушку динамического громкоговорителя $Гр$.

Через сопротивление утечки R_7 на сетку лампы $Л_2$ подается постоянное отрицательное напряжение, получающееся на сопротивлении R_8.

Из всего сказанного ясно, что величины деталей, из которых состоит приемник (кроме деталей, входящих в колебательные контуры), можно изменять в довольно широких пределах. Во всяком случае изменение любого конденсатора или сопротивления на 20—25% допустимо во всех случаях и не скажется заметно на работе приемника.

Таковы в общих чертах принципы работы основных цепей приемника прямого усиления.

Приводимые в статье схемы могут быть увеличены и явятся полезными учебными пособиями.

Увеличивая эти схемы и тем самым превращая их в учебные плакаты, следует пути разных токов окрашивать разными красками.

ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ И ЗВУКОСНИМАТЕЛИ[1]

В любой радиоустановке, будь то радиотрансляционная точка, приемник или проигрыватель грампластинок, конечным звеном является громкоговоритель. Его назначение — преобразование электрической энергии в звуковую. Громкоговорители бывают электродинамические и электромагнитные.

Электродинамические громкоговорители. Электродинамический громкоговоритель, или «динамик», является в данное время единственным типом громкоговорителя, применяющимся в заводских радиоприемниках сетевого и батарейного питания. Как громкоговоритель для радиотрансляционных точек, он также постепенно вытесняет громкоговорители электромагнитного типа.

Электродинамические громкоговорители обладают значительно лучшим качеством звучания, чем все остальные системы громкоговорителей. Они дают естественный, мало искаженный звук, позволяя передавать большую полосу частот (70—7 000 *гц*).

Звуковая мощность, которую может развить электродинамический громкоговоритель без заметных искажений, значительно больше, чем у других типов громкоговорителей, поэтому мощные громкоговорители делаются только электродинамической системы. К тому же такие громкоговорители устойчивы в эксплуатации и не требуют периодической регулировки.

Для работы электродинамических громкоговорителей необходимо сильное магнитное поле. Оно может быть создано сильными постоянными магнитами из специальных сплавов или электромагнитами. В первом случае громкоговоритель называется динамиком с постоянным магнитом, во втором — динамиком с подмагничиванием. Иногда устраивают комбинированные динамики, имеющие постоянный магнит и катушку подмагничивания, используемую как дроссель фильтра выпрямителя.

В последние годы исключительное распространение получили электродинамические громкоговорители с постоянными магнитами, так как они не потребляют мощности на подмагничивание и дают большую свободу в выборе схемы.

Устройство электродинамических громкоговорителей показано на рис. 1. Постоянный магнит из специальных сплавов или катушка подмагничивания электромагнита создают в воздушном зазоре магнитной системы силь-

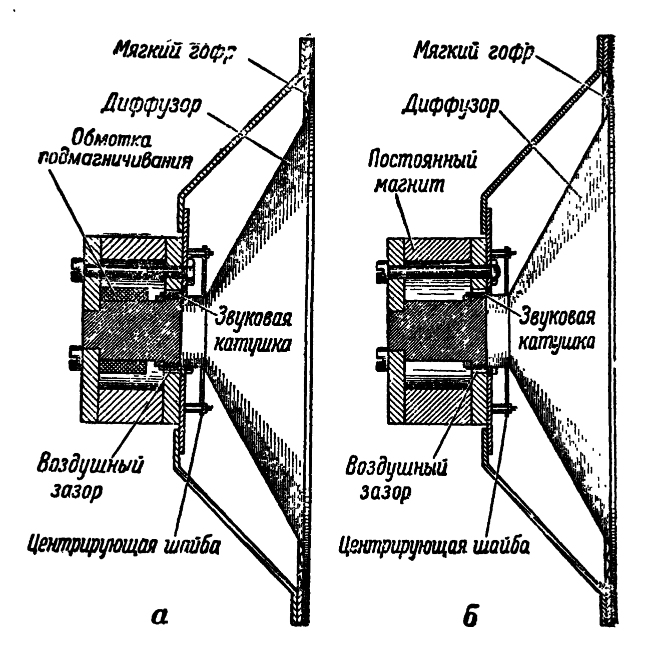


Рис. 1. Устройство электродинамических громкоговорителей.
а — с подмагничиванием; *б* — с постоянным магнитом.

[1] Ю. В. Костыков и Л. Н. Ермолаев, Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1961.

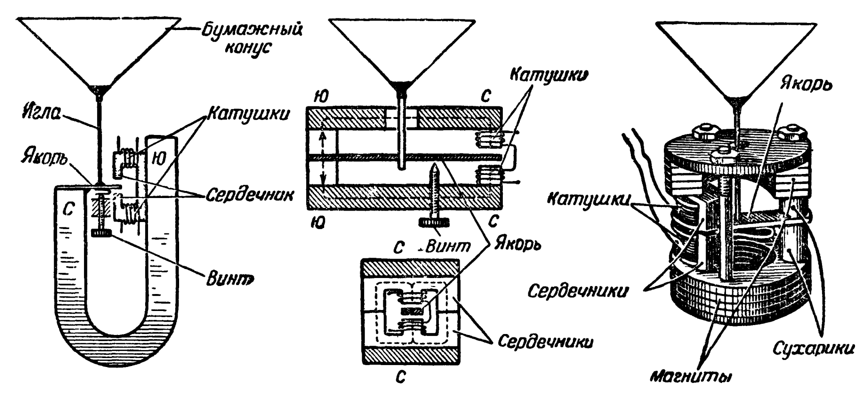


Рис. 2. Устройство электромагнитного громкоговорителя „Рекорд".

ное магнитное поле. В этом поле помещена легкая катушка (звуковая), скрепленная с диффузором (конусом). Ток звуковой частоты, проходящий по звуковой катушке, создает свое переменное магнитное поле. Сила взаимодействия постоянного поля в зазоре с переменным полем звуковой катушки вызывает перемещение звуковой катушки вдоль зазора магнитной системы. Центрирующая шайба, позволяя катушке двигаться вдоль зазора, не дает ей возможности смещаться в сторону, перекашиваться и прикасаться к магнитной системе.

В современных типах электродинамичесих громкоговорителей диффузоры обычно изготовляют из бумажной массы; к корпусу динамика их прикрепляют через мягкий гофр. При таком способе крепления диффузор повторяет перемещения жестко прикрепленной к нему звуковой катушки.

Катушка подмагничивания электродинамического громкоговорителя включается параллельно выпрямителю (обычно до дросселя) или вместо дросселя. При параллельном включении она должна иметь сопротивление 5—10 *ком*, при включении вместо дросселя — 500—2 000 *ом*. Последний способ включения выгоднее, так как при нем отпадает необходимость в специальном дросселе и уменьшается расход мощности, идущей обычно на его нагревание. Но этот способ имеет и недостатки. Для нормальной работы громкоговорителя через его катушку подмагничивания должен проходить ток определенной величины. В радиолюбительской практике редко удается подобрать электродинамический громкоговоритель с подходящей катушкой подмагничивания. Если это иногда и удается, то в дальнейшем такой громкоговоритель не дает возможности переделывать схему приемника, изменяя при этом и величину потребляемого анодного тока, так как громкоговоритель не будет нормально подмагничиваться или будет перегреваться.

Электродинамические громкоговорители с подмагничиванием имеют значительно бо́льшую зависимость громкости от изменения напряжения сети, чем громкоговорители с постоянным магнитом.

Для батарейного приемника может быть применен электродинамический громкоговоритель только с постоянным магнитом.

Электромагнитные громкоговорители. Устройство электромагнитного громкоговорителя «Рекорд» показано на рис. 2.

Якорь, жестко связанный через иглу с бумажным конусом (диффузором), устанавливается посредине между полюсными наконечниками при помощи регулировочного винта, нажимающего на пружину. Катушки, надетые на полюсные наконечники, включены так, что они усиливают поле одного из них и ослабляют поле другого. Постоянное поле полюсных наконечников создается двумя группами плоских кольцевых магнитов. Переменный ток, пропускаемый по обмоткам громкоговорителя, создает перевес магнитной силы то одного, то другого полюсного наконечника, и якорь притягивается то к одному, то к другому из наконечников, не касаясь их. Диффузор, повторяющий движения якоря, вызывает колебания окружающего воздуха, создает звуки.

Электромагнитные громкоговорители еще находят применение благодаря простоте устройства и высокой чувствительности. Чувствительность электромагнитного громкоговорителя «Рекорд» вдвое больше, чем чувствительность лучшего электродинамического громкоговорителя, но наибольшая мощность, при которой он может работать без больших искажений, не превосходит 0,1—0,2 *вт*.

Электромагнитные громкоговорители воспроизводят частоты от 250 до 3 000 *гц*. Такая полоса позволяет полностью разбирать речь, но недостаточна для хорошего воспроизведения музыкальных передач.

Звукосниматели. Для воспроизведения граммофонной записи через усилитель низкой частоты сетевого радиоприемника или специальный усилитель — проигрыватель — используют особые устройства, называемые звукоснимателями или адаптерами.

Звукосниматели преобразуют механиче-

ские колебания иглы, движущейся по звуковой борозде пластинки, в электрические колебания, т. е. действие их обратно действию громкоговорителей или телефонов, преобразующих электрические колебания в механические колебания диффузора или мембраны.

Электрические колебания, создаваемые звукоснимателями, подаются на вход усилителя низкой частоты для усиления.

До недавнего времени успешно сосуществовали и приблизительно в равных количествах выпускались звукосниматели двух типов: электромагнитные и пьезоэлектрические. И хотя пьезоэлектрические звукосниматели имели в 10 раз более высокую чувствительность, чем электромагнитные, воспроизводили более широкую полосу частот и с лучшей равномерностью, все же во многих случаях отдавалось предпочтение электромагнитному звукоснимателю. Это объяснялось недостатками пьезоэлектрических звукоснимателей, пьезоэлементы которых до 1955 г. изготавливались из кристаллов сегнетовой соли. Эти пьезоэлементы боялись жары и влажности, так как сегнетовая соль легкоплавка и легко растворима, и, кроме того, были очень непрочны.

С широким распространением граммофонной микрозаписи (долгоиграющих пластинок) пришлось отказаться от малочувствительных и тяжелых электромагнитных звукоснимателей и разработать новый, универсальный (для обычных и долгоиграющих пластинок) адаптер с маленьким давлением на пластинку.

Современные пьезоэлементы из пьезокерамики не обладают недостатками старых пьезоэлементов и позволяют получить высококачественное воспроизведение пластинок при ничтожно малом их износе. Вес современного пьезозвукоснимателя, приведенный к концу иглы, составляет 10—15 *г*, тогда как вес электромагнитного звукоснимателя 100—150 *г*. Звукосниматели с пьезокерамическими элементами развивают напряжение от 1 *в* и воспроизводят частоты от 40 до 8 000 *гц*; они хорошо передают низкие частоты, компенсируя их завал, получающийся при записи грампластинок.

Преобразующим элементом в пьезозвукоснимателе служит кристалл титаната бария; такой звукосниматель не пропускает постоянного тока. Но для нормальной работы электронного прибора его управляющая цепь должна быть соединена через сопротивление с общим электродом: управляющая сетка — с катодом, база — с эмиттером (в схеме с общим катодом и общим эмиттером). Поэтому, подключая пьезоадаптер к электронному прибору, необходимо параллельно адаптеру включить сопротивление 0,2—0,5 *Мом*; очень удобно, если это будет сопротивление регулятора громкости.

В универсальных пьезокерамических звукоснимателях применяются переключающиеся корундовые иглы для обычных и долгоиграющих пластинок. Эти иглы различаются заточкой: для обычных пластинок применяется «тупая» игла с радиусом закругления острия 0,06 *мм*, а для долгоиграющих — «поострее» с радиусом 0,025 *мм*. Каждая игла может проработать 150—200 *ч*, после чего иглодержатель с обеими иглами легко заменить новым.

Электромагнитные звукосниматели по своему весу годны для работы только с обычными пластинками, которые они изнашивают намного интенсивнее, чем универсальные адаптеры. При проигрывании пластинок высокочастотные электромагнитные звукосниматели, имеющие сопротивление обмотки 2—3 *ком*, развивают напряжение до 0,1—0,2 *в*, хорошо воспроизводя частоты от 60—70 *гц* до 4—5 *кгц*.

Низкоомные электромагнитные адаптеры, имеющие сопротивление обмотки около 600 *ом*, дают меньшее напряжение, но лучшую частотную характеристику, чем высокоомные. При работе на низкоомную входную цепь транзистора они обеспечивают бо́льшую громкость, чем высокоомные электромагнитные звукосниматели и пьезозвукосниматели.

СУПЕРГЕТЕРОДИН[1]

В схемах приемников прямого усиления применяется только один тип преобразователя колебаний — детектор, выделяющий из модулированных колебаний высокой частоты колебания низкой частоты. В соответствии с этим в таких приемниках осуществляется усиление колебаний высокой частоты (частоты принимаемой станции) и усиление колебаний низкой (звуковой) частоты.

Но возможность усиления колебаний высокой частоты ограничена сравнительно небольшими пределами (из-за опасности возникновения паразитных колебаний), особенно если частота лежит в коротковолновой части радиовещательного диапазона, а тем более в области коротких волн.

[1] По разным источникам.

С другой стороны, единственный пригодный для высоких частот тип усилителя — резонансный. Но необходимость перестройки всех контуров при переходе от одной станции к другой очень усложняет конструкцию усилителя и обращение с ним Обе эти трудности могут быть устранены одним и тем же методом — преобразованием принимаемых колебаний любой частоты в колебания одной и той же фиксированной частоты. Эта частота выбирается пониженной, чтобы можно было получить достаточно большое усиление, и на нее настраивается резонансный усилитель.

Такой метод применен в супергетеродинных приемниках. Фиксированная частота, которая получается в супергетеродине, называется обычно *промежуточной частотой*.

Способ, который применяется для преобразования колебаний любой принимаемой частоты в колебание одной промежуточной частоты, состоит в следующем.

Если взять два колебания различной частоты и сложить их, то в результате получаются сложные колебания, так называемые биения. Графически этот процесс сложения колебаний изображен на рис. 1. Кривые *А* и *Б* соответствуют двум гармоническим колебаниям разной частоты, а кривая *В* изображает биения, полученные в результате сложения этих двух колебаний: *А* и *Б*.

У кривой *В* легко заметить новый период, а именно период биений, который на рисунке отмечен буквами *Т*. Сразу видно, что период этих биений больше, чем период каждого из слагаемых колебаний, и, следовательно, частота биений меньше, чем частота каждого из слагаемых колебаний.

Частота биений равна разности частот двух слагаемых колебаний. Чем больше разность между этими частотами, тем больше частота биений; поэтому, выбрав достаточно

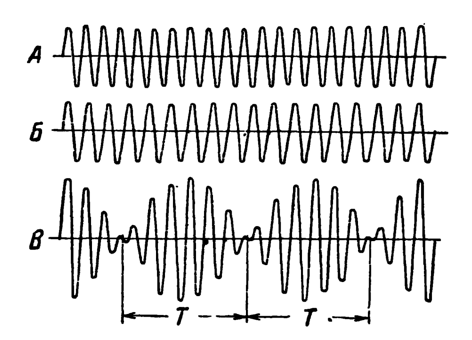


Рис. 1. При сложении двух колебаний с разными частотами амплитуда результирующего колебания периодически изменяется.

большую разницу между слагаемыми частотами, мы можем получить биения высокой частоты.

Так, если мы возьмем слагаемые колебания с частотами 1 000 *кгц* (волна 300 *м*) и 1 460 *кгц* (волна 205 *м*), то биения, полученные в результате сложения этих колебаний, будут иметь частоту 460 *кгц* (1 460—1 000= =460), что соответствует волне 652 *м*.

Однако хотя полученные биения и имеют уже период, соответствующий промежуточной частоте, они не представляют собой гармонических колебаний промежуточной частоты. Чтобы получить эти колебания, нужно биения продетектировать. Так же, как из модулированных колебаний при детектировании выделяются колебания с частотой модуляции, из биений при детектировании выделяются колебания разностной частоты (равной разности двух слагаемых частот). Этот метод преобразования частоты называют *методом смешения или методом гетеродинирования*.

Как же осуществить этот метод при приеме радиостанций?

Пусть кривая *А* (рис. 1) изображает колебания, приходящие в контур приемника от передающей станции. Создадим в нашем приемнике вспомогательные колебания высокой частоты (кривая *Б* на рис. 1) при помощи специального гетеродина и подберем частоту гетеродина так, чтобы разность частот колебаний *А* и *Б* составляла, например, 460 *кгц*. Сложим полученные колебания и пропустим их через детекторную лампу. Тогда в контуре, включенном в анодную цепь лампы и настроенном на разностную частоту, мы получим колебания этой разностной частоты 460 *кгц*.

Полученные колебания промежуточной частоты можно усилить с помощью усилителя высокой частоты, который в этом случае называется *усилителем промежуточной частоты*.

Для осуществления процесса преобразования частоты может служить схема, изображенная на рис 2 Приходящие колебания улавливаются приемной антенной и через катушку L_1 попадают на сетку детекторной лампы. Но предварительно в катушке $L_с$ на них накладываются вспомогательные колебания от катушки гетеродина $L_г$ Контур L_2C_2 в анодной цепи детекторной лампы настроен на разностную частоту. Полученные в результате детектирования колебания разностной частоты направляются из этого контура для дальнейшего усиления в усилитель промежуточной частоты.

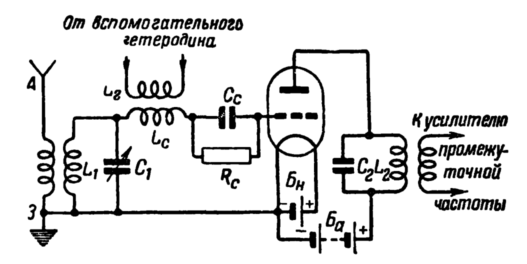


Рис. 2. Упрощенная схема преобразователя частоты супергетеродина.

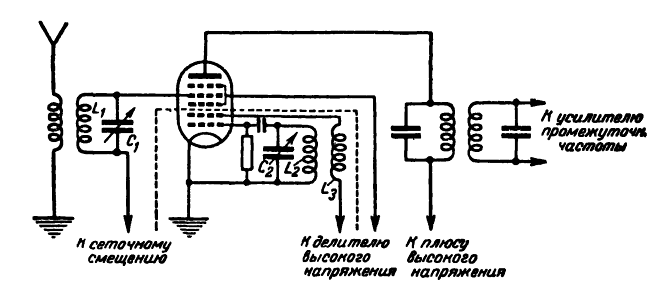


Рис. 3. Схема преобразователя частоты с гептодом.

Рассмотренная упрощенная схема преобразователя частоты супергетеродина сейчас редко применяется на практике. В современных супергетеродинах возбуждение вспомогательных колебаний и детектирование биений обычно выполняет одна и та же многосеточная лампа, называемая преобразователем. В качестве преобразователя применяют пентод, гептод и триод-гептод.

Схема преобразователя частоты с гептодом приведена на рис. 3. Гептод в этой схеме смесителя представляет собой как бы две отдельные лампы, помещенные в один баллон и связанные общим электронным потоком. Первая из этих ламп служит для возбуждения колебаний и заменяет отдельный гетеродин. Во второй лампе смешиваются приходящие колебания с колебаниями гетеродина и из полученных биений выделяются колебания разностной частоты. Для наглядности эти две «отдельные лампы» разделены на схеме пунктиром.

Первые две сетки, считая от катода, служат собственно сеткой и «анодом» гетеродина и включаются как обычный триод в схему с обратной связью. Сетка, играющая роль управляющей сетки гетеродина, присоединена к колебательному контуру гетеродина L_2C_2. Вторая сетка («анод» гетеродина) присоединена к катушке обратной связи L_3. Благодаря наличию обратной связи в лампе возникают колебания и электронный ток, проникающий через вторую сетку, переносит эти колебания в область «второй лампы».

Приходящие сигналы подводятся к четвертой сетке.

Третья и пятая сетки лампы соединены и находятся под постоянным положительным напряжением. Они играют роль экранов между «первой и второй лампами», с одной стороны, а также между управляющей сеткой и анодом «второй лампы» — с другой. Таким образом, «вторая лампа» работает, как экранированная лампа.

Колебания электронного тока, созданные «первой лампой», изменяют параметры «второй лампы» и в ней происходят смешение приходящих колебаний с колебаниями гетеродина и образование колебаний разностной частоты. Контур в цепи анода, настроенный на эту частоту, выделяет из анодного тока колебания разностной частоты. Дальше эти колебания подаются на вход усилителя промежуточной частоты.

Применение специальной преобразовательной лампы не только упрощает конструкцию супергетеродина тем, что сокращает число ламп, но и устраняет ряд трудностей, которые возникают при работе схем с отдельным гетеродином.

Мы рассмотрели преобразование немодулированных приходящих колебаний; сделано это было для упрощения. При приеме модулированных колебаний, поскольку колебания гетеродина имеют постоянную амплитуду, биения, а также колебания промежуточной частоты промодулированы так же, как и приходящие колебания. Чтобы превратить эти модулированные колебания в звуковые, их нужно еще раз пропустить через детектор. Поэтому колебания промежуточной частоты после усиления подводятся ко второму детектору и уже после второго детектора полученные колебания звуковой частоты направляются в телефон или усилитель низкой частоты.

Усилитель промежуточной частоты содержит один, а иногда и два каскада резонансного усиления, обычно на настроенных трансформаторах. Как правило, настраивается не одна, а обе обмотки трансформаторов, чем достигается более выгодная в отношении избирательности форма резонансных кривых. Такие трансформаторы с обеими настроенными обмотками получили название *полосовых фильтров*.

Все фильтры при помощи «полупеременных» конденсаторов или магнетитовых сердечников раз навсегда настраиваются на промежуточную частоту, чтобы весь усилитель промежуточной частоты давал достаточное усиление и возможно бóльшую избирательность.

Частота колебаний гетеродина может изменяться в нужных пределах, и всякий раз она подбирается так, чтобы вместе с приходящими колебаниями получалась одна и та же фиксированная промежуточная частота. Таким образом, при настройке супергетеродина частота усиливаемых колебаний «подгоняется» под постоянную настройку резонансного усилителя промежуточной частоты. В этом заключается одно из важнейших преимуществ супергетеродина, так как вместо настройки многих междуламповых контуров приходится настраивать только контур гетеродина и входной контур приемника, т. е. настройка очень упрощается.

Для того чтобы получить фиксированную промежуточную частоту при любой волне, лежащей в диапазоне приемника, очевидно, нужно, чтобы диапазон гетеродина был сдвинут по отношению к диапазону входного контура приемника на частоту, равную промежуточной частоте.

Промежуточная частота выбирается обычно около 460 *кгц*, реже 110 *кгц*, и на эту величину диапазон гетеродина должен отличаться от диапазона входного контура приемника.

Резонансное усиление промежуточной частоты само по себе обеспечивает большую чувствительность и избирательность супергетеродина, а преобразование частоты приходящих колебаний еще более повышает его избирательность, потому что близко лежащие волны принимаемой и мешающей станций после преобразования частоты «раздвигаются». Поясним на примере, как это происходит.

Пусть промежуточная частота равна 460 *кгц*, частота принимаемой станции 1 000 *кгц*, а частота мешающей станции 1 010 *кгц*, т. е. принимаемая и мешающая станции различаются по частоте на 1%.

Чтобы получить в данном случае промежуточную частоту 460 *кгц*, нужно настроить гетеродин на частоту 1 460 *кгц*. Тогда мешающая станция даст колебания промежуточной частоты 450 *кгц*, так как 1 460—1 010=450.

Теперь сигналы мешающей станции отличаются по частоте от сигналов принимаемой станции уже больше чем на 2%. Благодаря преобразованию частоты волны принимаемой и мешающей станций «разошлись», относительная расстройка увеличилась и отстройка от мешающей станции облегчилась.

Однако, повышая общую избирательность приемника, преобразование частоты открывает возможность проникновения сигналов мешающей станции, если эта станция работает на некоторой «опасной» частоте.

Дело в том, что одна и та же промежуточная частота получается, если частота приходящих сигналов на нужную величину *больше* или *меньше* частоты гетеродина. Поясним это на том же числовом примере, который рассмотрен выше.

Если гетеродин настроен на частоту 1 460 *кгц*, а промежуточная частота равна 460 *кгц*, то колебания нужной промежуточной частоты получаются как от станции, работающей на частоте 1 000 *кгц*, так и от станции, работающей на частоте 1 920 *кгц*. В обоих случаях разность частот составляет 460 *кгц*.

Однако при приеме станции, работающей на частоте 1 000 *кгц*, на эту же частоту настраивается входной контур приемника и поэтому сигналы мешающей станции, работающей на частоте 1 920 *кгц*, будут значительно слабее сигналов принимаемой станции. Но избирательности входного контура недостаточно для того, чтобы полностью преградить путь сигналам мешающей станции к сетке первого детектора. А после преобразования мешающая станция даст ту же промежуточную частоту, что и принимаемая, и дальше сигналы ее будут также усиливаться. Словом, супергетеродин, обладая вообще большой избирательностью, по отношению к этой так называемой *зеркальной помехе* обладает низкой чувствительностью.

Чтобы устранить опасность зеркальной помехи, нужно повысить избирательность приемника еще до преобразования частоты. С этой целью в супергетеродинах применяется обычно каскад предварительного усиления высокой частоты.

Таким образом, типичная скелетная схема супергетеродина имеет вид, изображеннный на рис. 4. При этом, как указывалось выше, в современных супергетеродинах обычно смеситель и вспомогательный гетеродин объединены в один преобразовательный каскад.

В супергетеродине без предварительного усиления высокой частоты при настройке на станцию необходимо настраивать два контура (входной и гетеродинный). В схеме же с предварительным усилением число настраивающих контуров увеличивается до трех, так как прибавляется настройка контура резонансного усилителя высокой частоты. Чтобы можно было осуществлять настройку одной ручкой, применяют сдвоенные и строенные конденсаторы переменной емкости.

Благодаря тому что даже при наличии предварительного усиления в супергетеродине имеются всего лишь три контура с переменной настройкой, упрощается задача перекрытия широкого диапазона волн. Супергетеродин легко

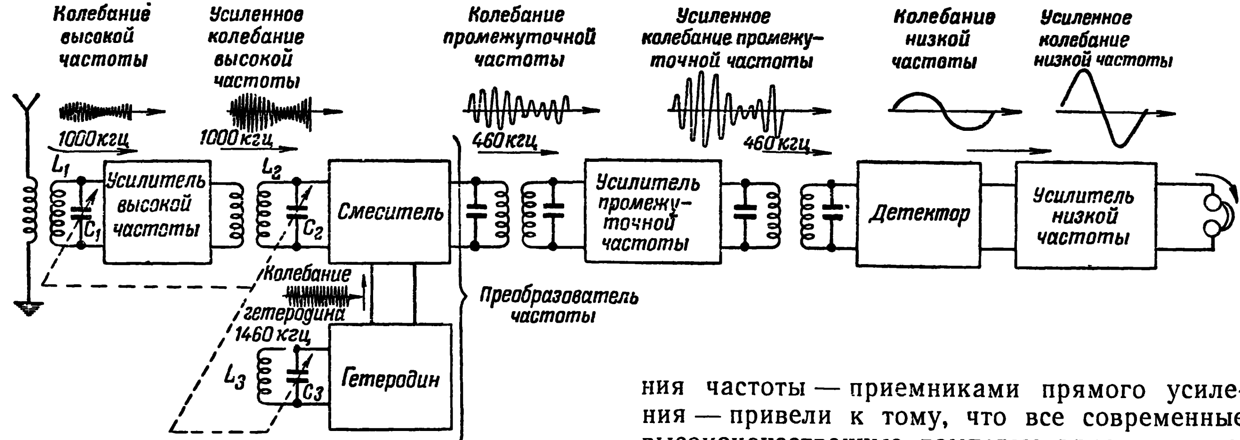


Рис. 4. Развернутая скелетная схема супергетеродина.

сделать «всеволновым», т.е. перекрыть не только весь радиовещательный диапазон средних волн, но и ту часть коротковолнового диапазона, которая отведена для радиовещательных станций.

Все отмеченные преимущества супергетеродина перед приемниками без преобразования частоты — приемниками прямого усиления — привели к тому, что все современные высококачественные ламповые приемники делаются по супергетеродинной схеме.

Общее усиление, которое может дать хороший супергетеродинный приемник, огромно. При напряжении на входе в несколько микровольт супергетеродин дает на выходе напряжение, достаточное для работы громкоговорителя, т. е. несколько вольт. Таким образом, приходящие сигналы усиливаются в супергетеродине в несколько миллионов раз!.

ПРОСТОЙ ЧЕТЫРЕХЛАМПОВЫЙ СУПЕРГЕТЕРОДИННЫЙ ПРИЕМНИК[1]

Приемник, описание конструкции которого приводится ниже, позволяет вести прием радиовещательный станций в диапазонах длинных (420—150 *кгц*), средних (1 600—520 *кгц*) и коротких (12,5 — 4 *Мгц*) волн. По своим параметрам приемник приближается к выпускаемым нашей промышленностью приемникам третьего класса.

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 1. Приемник состоит из: входной цепи с настраивающимся контуром; преобразователя частоты на многосеточной лампе ($Л_1$), которая одновременно используется и в гетеродине, собранном по схеме с трансформаторной обратной связью; каскада усиления промежуточной частоты — ПЧ ($Л_2$); детектора и двухкаскадного усилителя низкой частоты — НЧ ($Л_3$, $Л_4$).

В зависимости от диапазона, в котором ведется прием, к сигнальной сетке преобразовательной лампы подключается один из входных контуров, состоящий из контурной катушки (L_2, L_4 или L_6), подстроечного конденсатора (C_2, C_3 или C_4) и одной секции сдвоенного блока конденсаторов переменной емкости (C_5), с помощью которого осуществляется плавная настройка входных контуров в пределах диапазона. Антенные катушки коммутируются (переключаются) переключателем $П_{1а}$, а контурные катушки вместе с подстроечными конденсаторами — переключателем $П_{1б}$.

Конденсатор C_6 в цепи управляющей сетки преобразовательной лампы предотвращает замыкание источника напряжения АРУ через незначительное сопротивление одной из контурных катушек: L_2, L_4 или L_6.

Гетеродин в приемнике собран на триодной части комбинированной лампы триод-гептода 6И1П.

В цепь управляющей сетки (гетеродинной) лампы $Л_1$ включается колебательный контур гетеродина, состоящий из катушки индуктивности (L_7, L_9 или L_{11}), подстроечного конденсатора (C_{17}, C_{18} или C_{19}), сопрягающего конденсатора (C_{14}, C_{15} или C_{16}) и второй секции (C_{11}) сдвоенного блока конденсаторов. Сопрягающие конденсаторы вместе с контурными катушками и подстроечными конденсаторами коммутируются переключателем диапазонов $П_{1в}$.

Все катушки обратной связи (L_8, L_{10} и L_{12}) гетеродина соединены последовательно. На коротких волнах закорачиваются с помощью

[1] По статье в журнале «Радио» № 8 за 1960 г., стр. 34—39.

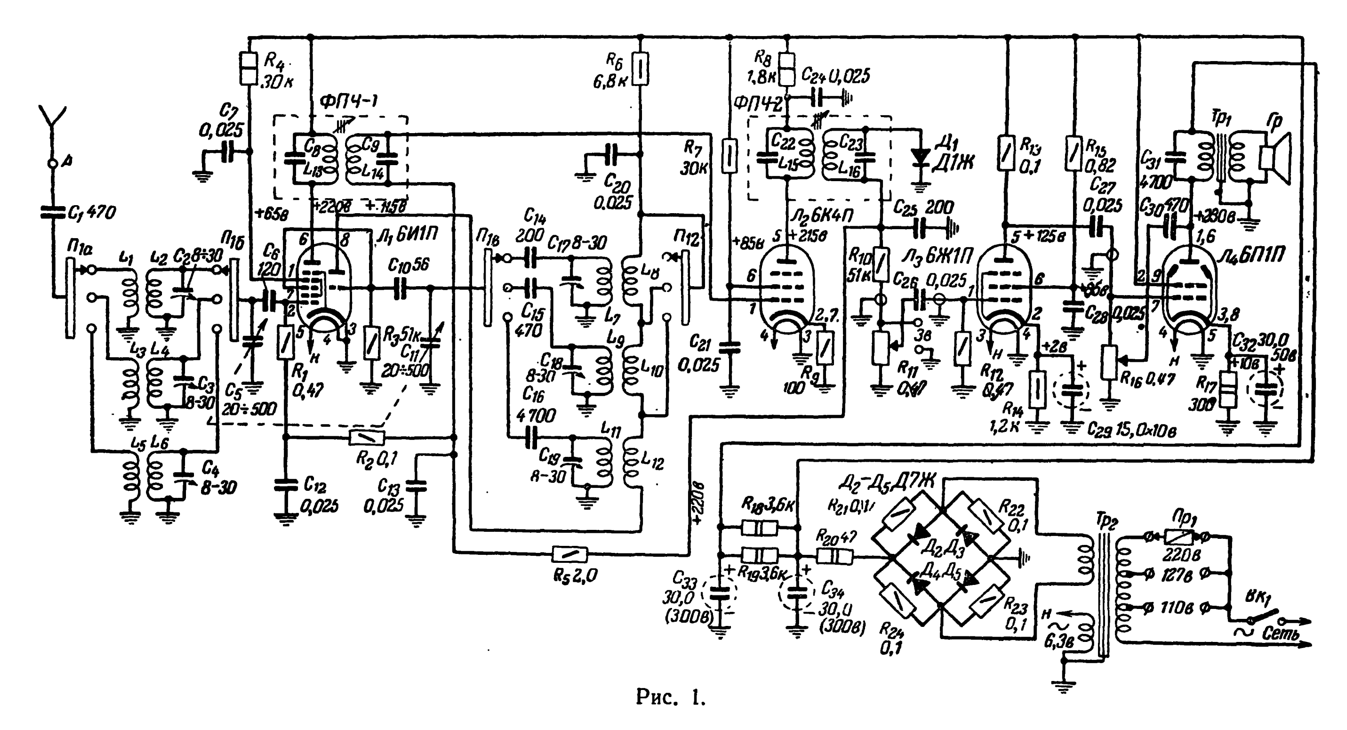


Рис. 1.

переключателя $П_{1г}$ катушки длинных и средних волн; на средних волнах закорачивается только длинноволновая катушка, а на длинных волнах работают все три катушки.

Величина переменного напряжения, развиваемого гетеродином, определяется сопротивлением R_3 и конденсатором C_{10} в цепи управляющей (гетеродинной) сетки лампы, а также расстоянием между катушкой обратной связи и контурной катушкой. Напряжение на аноде гетеродина определяется сопротивлением R_6.

Нагрузкой преобразовательного каскада является двухконтурный фильтр ПЧ на 465 *кгц*. С его второго контура напряжение подается на управляющую сетку лампы $Л_2$ усилителя ПЧ, нагрузкой которого также является двухконтурный фильтр ПЧ.

С усилителя ПЧ напряжение подается на детектор, который выполнен на полупроводниковом диоде Д1Ж (можно применить любой точечный диод). С нагрузки детектора снимается напряжение АРУ, которое через фильтр R_5C_{13} и катушку второго контура фильтра ПЧ (ФПЧ-2) подается в цепь сетки лампы $Л_2$ усилителя ПЧ и через фильтр R_2C_{12} — в цепь сигнальной сетки лампы преобразователя.

Напряжение низкой частоты с нагрузки детектора R_{11} подается на управляющую сетку лампы $Л_3$ усилителя напряжения НЧ. В цепь сетки этой лампы или в цепь нагрузки детектора включен потенциометр R_{11}, которым осуществляется регулировка громкости. Применение в предварительном усилителе НЧ пентода позволяет получить значительный коэффициент усиления по напряжению, что особенно важно при воспроизведении грамзаписей. Следует заметить, что для упрощения переключателя диапазонов в нем нет отдельного положения «Звукосниматель», поэтому при проигрывании пластинок нужно настроить приемник на участок диапазона, где нет станций. Лучше, конечно, на задней стенке шасси установить тумблер и с его помощью разрывать цепь, идущую от детектора, или цепь питания ламп $Л_1$ и $Л_2$.

Нагрузкой лампы $Л_3$ служит сопротивление R_{13}, с которого напряжение подается в цепь управляющей сетки выходной лампы $Л_4$. Потенциометром R_{16} осуществляется регулировка тембра за счет изменения величины отрицательной обратной связи, напряжение которой подается с анода лампы выходного каскада через конденсатор C_{30} в цепь ее управляющей сетки. В анодную цепь выходного каскада через выходной трансформатор $Тр_2$ включен динамический громкоговоритель 1ГД-9. Возможно также применение другого громкоговорителя.

Питание приемника осуществляется от выпрямителя, собранного по мостовой схеме. Шунтирование диодов выпрямителей сопротивлениями по 100 *ком* способствует выравниванию величин их обратных сопротивлений, а следовательно, и увеличению срока службы

Таблица 1

Обозначение на схеме	Данные катушек на картонных гильзах		Данные катушек на унифицированных каркасах		Данные катушек в сердечниках СБ-1	
	Количество витков	Марка и диаметр провода	Количество витков	Марка и диаметр провода	Количество витков	Марка и диаметр провода
L_1	900	ПЭЛШО 0,1	1 150	ПЭЛШО 0,1	—	—
L_2	190+190	ПЭЛШО 0,1	135×4	ПЭЛШО 0,1	3×100	ПЭЛШО 0,1
L_3	220	ПЭЛШО 0,1	380	ПЭЛШО 0,1	—	—
L_4	50+50	ПЭЛШО 0,1	36×4	ПЭЛШО 0,1	3×33	ПЭЛШО 0,1
L_5	25	ПЭЛШО 0,1	20	ПЭЛШО 0,1	—	—
L_6	14	ПЭ 0,8	12	ПЭЛ 0,5	14	ПЭ 0,8
L_7	65+65	ПЭЛШО 0,1	55×3	ПЭЛШО 0,1	3×40	ПЭЛШО 0,1
L_8	40	ПЭЛШО 0,1	20	ПЭЛШО 0,1	45	ПЭЛШО 0,1
L_9	50+30	ПЭЛШО 0,1	32×3	ПЭЛШО 0,1	23×3	ПЭЛШО 0,1
L_{10}	20	ПЭЛШО 0,1	16	ПЭЛШО 0,1	30	ПЭЛШО 0,1
L_{11}	12	ПЭ 0,8	11	ПЭЛ 0,5	12	ПЭ 0,8
L_{12}	6	ПЭЛШО 0,1	8	ПЭЛШО 0,5	10	ПЭЛШО 0 1

диодов. Между фильтрами, состоящими из двух электролитических конденсаторов и одного сопротивления, и выпрямителем поставлено сопротивление $R_{22}=47$ *ом*, благодаря которому уменьшается величина тока через диоды в момент включения приемника в сеть, что также увеличивает срок их службы.

ДЕТАЛИ И КОНСТРУКЦИЯ

Катушки высокочастотных контуров приемника намотаны на унифицированных каркасах от приемников (например, «Октава», «Байкал» и др.) и на ребристых каркасах от приемника «Балтика» Конструкции катушек высокочастотных контуров показаны на рис. 2, а их моточные данные приведены в табл 1.

В качестве фильтров ПЧ в приемнике применены фильтры ПЧ от заводского радиоприемника «Родина». Можно применить и любые другие фильтры ПЧ, настроенные на частоту 465 *кгц* (например от приемников «Звезда», «АРЗ-53», «Москвич», «Рекорд-59», «Байкал» и др.). Кроме того, фильтр ПЧ можно изготовить самостоятельно.

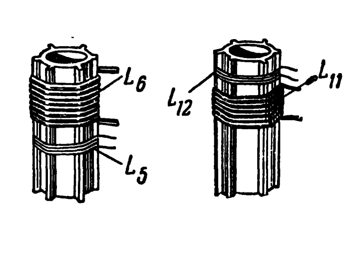
Выходной трансформатор применен от радиоприемника «Заря» Этот трансформатор собран на сердечнике УШ-12×28; его первичная обмотка содержит 2 650 витков провода ПЭЛ 0,09, а вторичная — 103 витка провода ПЭЛ 0,44. Можно применить и выходные трансформаторы от приемников «Рекорд», «Стрела» и др., рассчитанные на громкоговорители с сопротивлением звуковой катушки порядка 5 *ом* (1ГД-5, 1ГД-6, 1ГД-7, 1ГД-8, 1ГД-9) и выходную лампу 6П1П.

Силовой трансформатор применен от радиоприемника «Рекорд», причем обмотка накала кенотрона остается в этом случае свободной и на схеме не показана. Можно использовать и силовые трансформаторы от приемников «АРЗ-53», «Рекорд-59», «Байкал» и др.

Конструктивное выполнение приемника может быть различным и зависит от вкуса и возможностей радиолюбителя.

Приемник монтируется на шасси размерами 300×200×60 *мм*, изготовленном из дюралюминия или листовой стали толщиной 1—1,5 *мм* Вверху шасси установлены. силовой трансформатор $Тр_2$, блок конденсаторов переменной емкости C_5 и C_{11}, выходной трансформатор $Тр_1$, фильтры промежуточной частоты ФПЧ-1, ФПЧ 2 и электролитические конденсаторы C_{33}, C_{34}. Блок конденсаторов переменной емкости несколько приподнят над шасси и укреплен на стойках.

Переменные сопротивления R_{11} и R_{16}, переключатель диапазонов $П_{1а}$, $П_{1б}$, $П_{1в}$, $П_{1г}$ установлены под шасси на передней его панели,



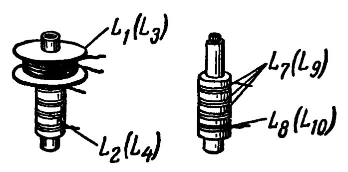


Рис. 2

Высокочастотные катушки и подстроечные конденсаторы смонтированы на отдельной гетинаксовой панели, которая крепится к шасси рядом с переключателем диапазонов. При монтаже приемника используются монтажные платы с лепестками, применение которых позволяет упорядочить монтаж и сделать его жестким.

НАЛАЖИВАНИЕ

Супергетеродинный приемник, даже собранный точно по схеме и аккуратно смонтированный, вряд ли будет без всякой настройки хорошо работать.

Налаживание приемника следует начинать с проверки правильности монтажа. Ошибки в монтаже, небрежное крепление деталей, плохо пропаянные контакты вызывают трудно устранимые нарушения в работе приемника. Проверка монтажа часто позволяет устранить повреждения деталей приемника при первом же его включении. Убедившись в правильности монтажа, следует проверить исправность выпрямителя, причем особого внимания требуют выпрямители, собранные на полупроводниковых диодах, так как их выходное сопротивление невелико и при случайном коротком замыкании плюсового провода выпрямителя на корпус диоды мгновенно выходят из строя.

Если выпрямители исправны, приемник можно включить в сеть, однако все лампы из приемника должны быть вынуты.

Затем следует проверить наличие анодного напряжения на лампах (без нагрузки оно составляет 290—300 *в*). Сделать это можно с помощью любого вольтметра или авометра с соответствующей шкалой (в данном случае применялся авометр Ц-20). Порядок измерения постоянных напряжений по всей схеме приемника показан на стр. 231. Иногда в сетевых приемниках для этой цели применяется способ проверки «на искру», который состоит в следующем. Плюсовую обкладку конденсатора C_{33} каким-либо изолированным металлическим предметом замыкают на корпус сразу после выключения приемника из сети. Если выпрямитель исправен, то появится сильная искра; при этом будет снят остаточный заряд с конденсаторов C_{33} и C_{34}. Такую операцию при налаживании приемника следует повторять каждый раз после его выключения из сети, иначе остаточный заряд может вызвать довольно болезненный удар током.

При работе выпрямителя без нагрузки силовой трансформатор и сопротивления R_{18}, R_{19}, R_{20} совершенно не должны нагреваться. Нагрев сопротивлений R_{18}, R_{19} чаще всего свидетельствует о наличии утечки у конденсатора C_{33} или о пробое блокировочных конденсаторов. В последнем случае могут сильно нагреваться сопротивления R_4, R_6 или R_8. Однако следует отметить, что и при эксплуатации приемника сопротивления R_{18}, R_{19}, R_{20} будут слегка нагреваться.

Убедившись в нормальной работе выпрямителя, приступают к проверке оконечного каскада усилителя НЧ. Вначале следует проверить наличие напряжения на анодном лепестке панельки лампы $Л_4$. Для этого можно, например, присоединить конденсатор 0,02 — 0,05 *мкф* на 400 *в* одним концом к этому лепестку, другим — к шасси. При исправной цепи анода оконечного каскада зарядный ток конденсатора, проходя через выходной трансформатор, вызовет щелчок в громкоговорителе. Только убедившись в исправности анодной цепи, можно вставить лампу оконечного каскада в панельку. Работу оконечного каскада можно проверить следующим образом: управляющую сетку лампы $Л_4$ соединить через конденсатор емкостью 0,01 *мкф* с незаземленным проводом накала; в этом случае усилится напряжение накала и в громкоговорителе будет слышен сильный фон с частотой 50 *гц*. После этого конденсатор нужно отключить и вставить в панельку лампу $Л_3$ предварительного усилителя НЧ.

При исправном усилителе НЧ прикосновение рукой к управляющей сетке лампы $Л_3$ вызовет в громкоговорителе сильный фон переменного тока. Этот фон создается напряжением переменного тока, поступающим на вход усилителя НЧ через емкость человеческого тела относительно проводов сети. Понятно, что в местностях, где сеть переменного тока отсутствует, фона на выходе усилителя НЧ не будет. После такого испытания желательно проверить соответствие режимов усилителя НЧ указанным на принципиальной схеме (с точностью 20%).

Подбор наиболее приятного тембра звучания производится изменением емкостей конденсаторов C_{30} и C_{31} при воспроизведении грамзаписи. При этом движок потенциометра R_{16} должен находиться в верхнем положении. Следует иметь в виду, что увеличение емкостей C_{30} и C_{31} приводит к ослаблению верхних частот и звук становится более «глухим». Если в приемнике при средней громкости заметны искажения, устранить их можно, несколько увеличив сопротивление R_{15} в цепи экранной сетки лампы 6Ж1П. На этом налаживание усилителя НЧ заканчивают и переходят к настройке усилителя ПЧ.

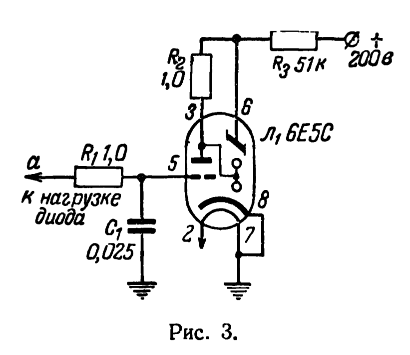


Рис. 3.

Настроить усилитель ПЧ без применения каких-либо приборов затруднительно, однако это можно сделать, воспользовавшись сигналами радиовещательных станций. При настройке желательно применять простой прибор, собранный на лампе 6Е5С по схеме на рис. 3. Сопротивления R_2, R_3 и конденсатор C_1 монтируются на свободных лепестках панельки индикатора. Сопротивление R_1 желательно монтировать возможно ближе (рис. 1). Так как управляющая сетка индикатора будет соединена с нагрузкой диода, увеличение напряжения на выходе усилителя ПЧ приведет к сужению темного сектора на экране лампы 6Е5С. Точность настройки при применении такого метода значительно возрастает по сравнению с настройкой «на слух». Так как при ненастроенном усилителе ПЧ сигнал на выходе приемника весьма слаб, прием лучше всего вести на наружную антенну. По мере подстройки контуров сигнал будет возрастать, и связь с антенной нужно ослаблять, уменьшая, например, емкость C_1 так, чтобы темный сектор индикатора не смыкался до конца.

Необходимо иметь в виду, что перед настройкой усилителя ПЧ нужно проверить наличие напряжения на анодном лепестке ламповой панельки и, только убедившись в исправности анодной цепи, вставить лампу $Л_2$ в панельку.

Такую же операцию проделывают и с каскадом преобразователя частоты. Затем один конец конденсатора C_6 отсоединяют от переключателя диапазонов и подсоединяют к наружной антенне на все время настройки усилителя ПЧ. В этом случае входные контуры оказываются отключенными, а входной сигнал из антенны через емкость C_6 поступает на сетку лампы преобразователя частоты.

Следует иметь в виду, что перед настройкой усилителя ПЧ нужно убедиться в нормальной работе гетеродина. Для этого несколько раз замыкают накоротко сопротивление R_3. Эта операция должна сопровождаться резкими щелчками в громкоговорителе приемника. При отсутствии генерации следует переключить концы обмоток катушек обратной связи L_8, L_{10} и L_{12}.

Подобрать режим гетеродина можно с помощью авометра или миллиамперметра со шкалой на 1—3 *ма*, подключив его минусом к нижнему (по схеме) концу сопротивления R_3, предварительно отсоединенному от земли. Плюсовый зажим прибора соединяется с шасси приемника. Передвигая обмотку обратной связи, включенную в цепь анода гетеродина, добиваются, чтобы ток через прибор составлял 0,3, — 0,4 *ма*. Прибор можно оставить включенным на все время настройки.

Методика настройки фильтров ПЧ на частоту, близкую к стандартной промежуточной частоте 465 *кгц*, может быть различной. Так, например, при отсутствии сигнал-генератора для настройки можно воспользоваться сигналом радиостанции, частота которой точно известна. Зная, какое деление шкалы приемника должно соответствовать этой частоте, подстройкой гетеродинных контуров добиваются приема радиостанции в нужном положении. Затем по наибольшей громкости подстраивают фильтры ПЧ.

Подобный способ рекомендуется и в данном случае, однако он несколько упрощается за счет применения вспомогательного приемника и шкалы, изготовленной согласно рис. 4. Сердечники фильтров ПЧ устанавливают в среднее положение, затем, приняв на вспомогательный приемник какую-либо мощную станцию в начале диапазона ДВ или СВ, замечают, в каком месте шкалы она слышна. Если в настраиваемом приемнике эта радиостанция принимается ближе к началу диапазона (ротор переменного конденсатора вдвинут больше), то индуктивность гетеродинной катушки соответствующего диапазона следует увеличить, сдвинув ее секции или намо-

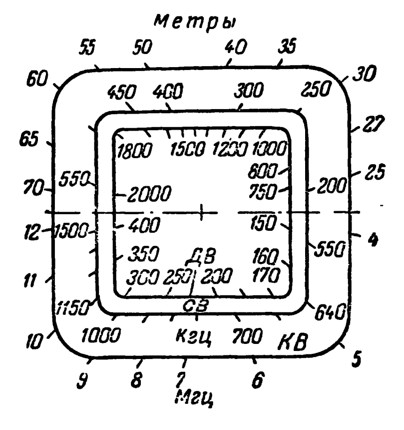


Рис 4.

тав несколько витков. Если же прием будет наилучшим при более выдвинутом роторе, то число витков следует несколько уменьшить. После того как радиостанция будет приниматься при нужном положении ротора переменного конденсатора, подстраивают в любом порядке сердечники фильтров ПЧ, ориентируясь на максимальный сигнал на нагрузке детектора, т. е. на наибольшее сужение темного сектора лампы 6Е5С. После такой предварительной настройки более точно подстраивают фильтры ПЧ, начиная с последнего. При этом должна быть выключена АРУ (емкость C_{13} замкнута накоротко). Подстройку фильтров ПЧ нужно производить неметаллической отверткой. Для повышения точности настройки темный сектор не должен перекрываться полностью, а если это случится, антенну нужно подключить не непосредственно к C_6, а последовательно с малой дополнительной емкостью.

После настройки сердечники фильтров ПЧ обычно ввернуты в контуры примерно на $^3/_4$. Если для настройки в резонанс сердечники контуров приходится слишком сильно выворачивать, то нужно увеличить емкость конденсатора переменной емкости. При этом слышимость несколько ухудшится. После этого нужно снова подстроить фильтры ПЧ на максимальную громкость. Таким образом удается настроить оба ФПЧ на частоту, близкую к стандартной промежуточной: 465 *кгц*. Гетеродин на длинноволновом конце диапазона также будет настроен; остается только проверить сопряжение гетеродинных и входных контуров. Для этого нужно подключить антенну к гнезду «А» приемника, а конденсатор C_6—к переключателю диапазонов и подстраивать индуктивность входного контура до тех пор, пока выходной сигнал не будет наибольшим. При этом переменный конденсатор должен быть в том же положении, что и при настройке усилителя ПЧ. Определить, в какую сторону следует менять индуктивность входного контура, можно, внося внутрь катушки карбонильный сердечник (ферритовый, альсиферовый, магнетитовый) или кусочек медного (алюминиевого) прутка.

Если сигнал на выходе возрастает при внесении металлического сердечника, то следует уменьшить индуктивность, раздвинув ее секции или смотав несколько витков. Если же сигнал возрастет при внесении карбонильного сердечника, то индуктивность катушки следует увеличить.

После этого находят какую-либо станцию вблизи конца настраиваемого диапазона (ротор переменного конденсатора выдвинут) и подстройку ведут конденсаторами C_{17}, C_{18}, C_3, C_4. Затем подстраивают начало диапазона и снова конец. После ряда таких операций приемник на этом диапазоне окажется настроенным.

Несколько сложнее настроить приемник в диапазоне КВ, что связано с обилием станций. Выбор станций для настройки здесь зависит от места приема и времени суток. Изменять индуктивность катушек КВ диапазона лучше всего, сдвигая или раздвигая витки. Возникновение резких свистов при настройке указывает на ненормальный режим гетеродина, и нужно более тщательно подобрать обратную связь.

Электронно-оптический индикатор 6Е5С, применявшийся для настройки приемника, можно использовать и при его эксплуатации, предусмотрев для индикатора держатель и отверстие в передней стенке ящика приемника.

КАРМАННЫЙ РАДИОПРИЕМНИК «ЭФИР»[1]

Приемник выполнен в виде миниатюрной конструкции на четырех транзисторах и одном полупроводниковом диоде. Он предназначен для приема местных радиовещательных станций, работающих в диапазоне 300—1 800 *м*. Приемник имеет размеры 100×65×25 *мм*, вес 150 *г* и управляется одной ручкой настройки, объединенной с выключателем питания. Миниатюрный громкоговоритель, установленный в футляре приемника, работает с громкостью, достаточной для озвучания большой жилой комнаты.

Питание приемника осуществляется от батареи напряжением около 6 *в*, составленной из пяти миниатюрных дисковых аккумуляторов. Запаса энергии аккумуляторов достаточно для 5—6-часовой работы приемника, после чего их нужно перезарядить. В случае необходимости питание можно производить от любого внешнего источника постоянного тока напряжением 4,5—6 *в*. Внешнюю батарею подключают к приемнику через специальные гнезда. Через эти же гнезда производится и перезарядка аккумуляторов.

Приемник заключен в футляр, выполненный из цветного органического стекла. Внешний вид приемника и его сравнительные размеры видны на рис. 1.

Схема приемника. Приемник выполнен по схеме прямого усиления 1—V—3 (рис. 2) и

[1] Приемник конструкции М. М. Румянцева. Описан для Хрестоматии автором.

имеет апериодический каскад усиления высокой частоты, диодный детектор и три каскада усиления низкой частоты.

Входная часть приемника состоит из антенного настраивающегося контура L_1C_1 и катушки связи L_2. Обе катушки расположены на ферритовом стержне магнитной антенны МА. Усилитель высокой частоты выполнен на транзисторе T_1. В коллекторную цепь этого транзистора включен высокочастотный широкополосный трансформатор (катушки L_3, L_4), являющийся нагрузкой каскада. Вторичная обмотка этого трансформатора соединена с полупроводниковым диодом $Д_1$ — детектором.

После детектирования сигнал усиливается трехкаскадным усилителем низкой частоты на транзисторах T_2—T_4. Для уменьшения расхода питания транзисторы T_3 и T_4 включены по схеме последовательного питания. Нагрузкой оконечного каскада служит обмотка электромагнитного громкоговорителя *Гр*.

Аккумуляторная батарея *Б* или внешний источник питания подключается к схеме приемника через выключатель *ВК*.

Детали, конструкция и монтаж приемника. В приемнике применены миниатюрные сопротивления УЛМ, электролитические конденсаторы ЭМ, дисковые конденсаторы КДС и малогабаритный конденсатор МБМ, ферритовые стержень и кольцо из материала Ф-600, транзисторы П401 и П13А, диод Д1-А, аккумуляторы Д 0,06. Конденсатор переменной емкости C_1 и громкоговоритель — самодельные. Описание подобных деталей неоднократно приводилось в радиолитературе и поэтому здесь не приводится.

Вместо указанных деталей в приемнике можно применять сопротивления МЛТ, конденсаторы ЭМ-М, КДС и БМ, транзисторы П402, П403, П13—П16, диод серий Д1, Д2 с любым буквенным обозначением (Д1-Е, Д2-Е и т. п.).

Катушки L_1—L_4 выполнены на бумажной гильзе, свободно перемещающейся по ферритовому стержню. Катушка L_1 содержит 210 витков провода ПЭЛШО 0,15 (длина обмотки 35 *мм*). Катушка L_2 имеет 15—20 витков того же провода и расположена рядом с катушкой L_1. Катушки высокочастотного трансформатора намотаны на миниатюрном торроидальном сердечнике из феррита. Катушка L_3 имеет 70, а L_4 — 200 витков провода ПЭЛ 0,1.

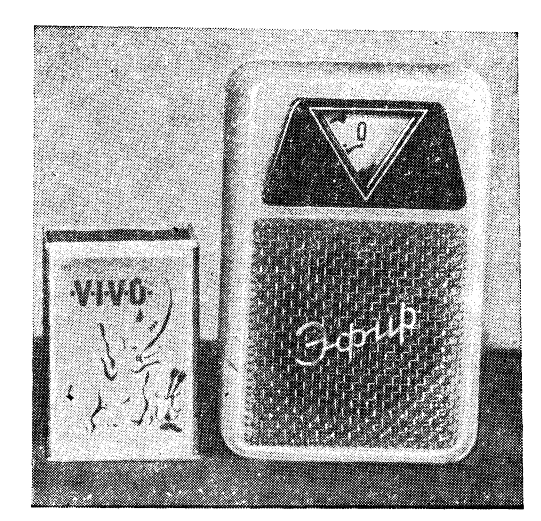


Рис. 1. Внешний вид приемника.

Детали приемника, кроме громкоговорителя, размещены на гетинаксовой плате размерами 94×59×1,5 *мм*. Громкоговоритель прикреплен к лицевой стенке футляра (рис. 3) и подключается к схеме посредством специальных пружинящих контактов. При помощи других пружинящих контактов к схеме подключается и аккумуляторная батарея.

Футляр приемника состоит из двух отдельных крышек, сочленяющихся при помощи пружинящих защелок. Он изготовлен из цветного органического стекла толщиной 3 *мм*. Подоб-

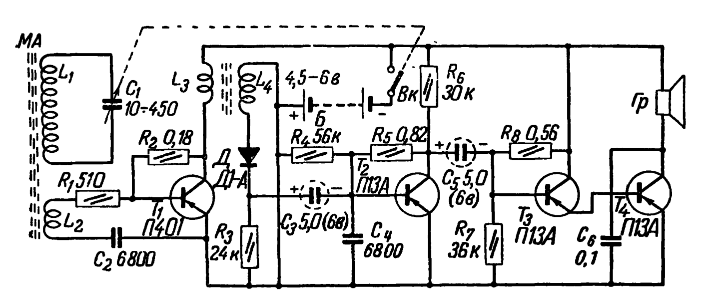
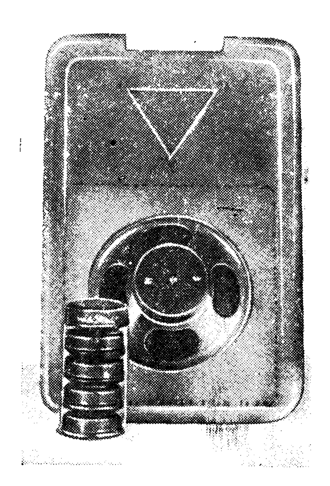


Рис. 2. Принципиальная схема приемника.


Рис. 3. Верхняя крышка футляра с громкоговорителем.

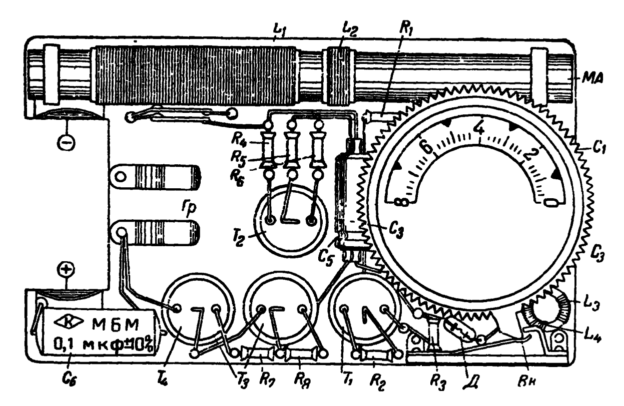


Рис. 4. Расположение деталей на монтажной плате.

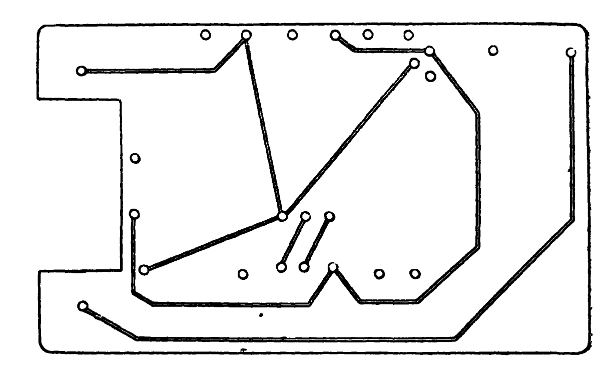


Рис. 5. Соединение опорных точек платы.

ная конструкция позволяет в случае необходимости быстро разобрать приемник на составные части, что весьма удобно при профилактическом осмотре и ремонте его.

Детали приемника размещены в одной плоскости (рис. 4), благодаря чему удалось выполнить односторонний монтаж, аналогичный печатному. Монтаж показан на рис. 5. В качестве опорных точек монтажа можно использовать пустотелые заклепки. Соединительными проводниками служат отрезки медного (без изоляции) провода диаметром 0,6—0,8 *мм.*

Налаживание приемника. Сначала налаживают усилитель низкой частоты. Для этого на базу транзистора T_2 через разделительный конденсатор C_3 подают сигнал со звукоснимателя и, прослушивая запись, подбирают при помощи сопротивлений R_6 и R_7 наиболее удачный режим работы транзисторов T_2—T_4. На время налаживания эти сопротивления можно заменить переменными. Изменяя величину сопротивлений, добиваются громкого неискаженного воспроизведения грамзаписи, контролируя при этом ток потребления при помощи миллиамперметра, включенного в разрыв цепи питания. При достаточно громком и неискаженном воспроизведении этот ток не должен превышать 8—10 *ма.*

Затем, вращая ручку настройки, добиваются приема какой-либо радиовещательной станции и подбирают нужный режим работы транзистора T_1, изменяя величину сопротивления R_2. Если принять радиостанцию не удается, то нужно к контуру L_1C_1 через конденсатор емкостью 20—30 *пф* подключить внешнюю антенну. Добившись приема станции и подобрав режим работы транзистора T_1 по максимальной громкости воспроизведения, определяют и устанавливают границы рабочего диапазона приемника.

Границы диапазона удобнее всего установить с помощью сигнал-генератора, но можно пользоваться для этого и контрольным приемником промышленного изготовления с градуированной шкалой. В последнем случае, принимая поочередно радиостанции в начале и конце диапазона, контролируют их частоты по шкале вспомогательного приемника. Если диапазон изготовленного приемника смещен в ту или другую сторону, то, изменяя индуктивность катушки L_1 (передвигая ее по ферритовому стержню), ставят его в нужные границы.

Если передвижение катушки L_1 не дает должного результата, то нужно изменить число ее витков. При этом следует учитывать, что увеличение числа витков приводит к увеличению индуктивности и смещению границ диапазона в более длинноволновую часть. Установив нужный диапазон и изменяя число витков катушки L_3, добиваются достаточно равномерного усиления на краях диапазона. Если станция в начале диапазона слышна очень громко, а в конце — слабо, то число витков катушки нужно несколько увеличить.

При неправильном (слишком близком) размещении катушки L_1 и высокочастотного трансформатора L_3, L_4 приемник может возбудиться из-за положительной обратной связи между этими деталями. Тогда необходимо поворотом сердечника катушек L_3, L_4 вокруг его оси постараться устранить этот дефект. Если сделать это не удается, то высокочастотный трансформатор следует либо экранировать, либо расположить несколько дальше от магнитной антенны.

Процесс налаживания приемника заканчивают изготовлением и градуировкой шкалы (градуировку можно произвести в метрах, частотах или просто в каких-либо относительных единицах).

СТЕРЕОЗВУК[1]

«ЗАЧЕМ ЧЕЛОВЕКУ ДВА УХА?»

Этот на первый взгляд смешной вопрос задал мне сосед по квартире — восьмилетний Валерка, один из «почемучек», которым всегда хочется все узнать. Я предложил Валерке проделать простейший опыт — плотно закрыть одно ухо рукой.

Действительно, попробуйте сами проделать то же самое. Вы сразу же потеряется ощущение пространства и уже не сможете определить, где находится источник звука, насколько он удален от Вас, куда перемещается.

Объясняется это тем, что наши уши, расположенные на расстоянии 15—20 *см* одно от другого, образуют своеобразный дальномер, который подобно дальномеру фотоаппарата или специальному радиопеленгатору позволяет определить направление на источник звука и ориентировочно судить о расстоянии до него.

Информация об услышанном звуке по нервам немедленно поступает в мозг, в эту изумительную машину, где не только с колоссальной точностью и скоростью анализируются сила, основная частота и характер изменения звука, но и непрерывно сравниваются звуки, пришедшие с разных сторон. И хотя относительное ослабление звука для левого или правого уха может составлять лишь тысячные доли процента, а запаздывание не превышает 0,0001 *сек*, все же эти ничтожные различия позволяют достаточно точно почувствовать место расположения источника звука. Для того чтобы полнее охарактеризовать чувствительность нашего слухового аппарата, укажем, что он фиксирует изменение частоты звука на несколько десятых долей процента, а слабые звуки, которые мы слышим, оказывают давление на поверхность барабанной перепонки с силой... 0,0000003 *гр*. Под их действием барабанная перепонка колеблется с «размахом» не более одной десятимиллионной доли миллиметра!



Итак, наличие двух приемников звука, находящихся на некотором расстоянии один от другого, создает у человека пространственное слуховое восприятие, получившее название бинаурального эффекта (в переводе «эффект двух ушей»). Поэтому-то звук становится «плоским» и Вы перестаете ощущать пространство, когда закрываете одно ухо. Особенно сильно это чувствуется на шумной улице, где источники звука — автомобили, трамваи, разговаривающие люди — непрерывно перемещаются в разных направлениях.

Когда Вы находитесь в зале театра и слушаете большой музыкальный ансамбль, например оперу в сопровождении оркестра, бинауральный эффект помогает Вам четко различать голоса отдельных певцов, замечать, как они двигаются по сцене, хорошо чувствовать многозвучность большого оркестра.

Но не пытайтесь искать все эти качества, когда слушаете концерт, транслируемый по радио, если даже у Вас приемник самого высшего класса. Почему? Да потому, что звуки, возникающие в разных частях сцены, передаются вместе по одному каналу связи — по одной паре проводов, через одни и те же усилители и радиостанции — и воспроизводятся также с помощью общего усилителя и агрегата громкоговорителей.

На сцене может стоять несколько микрофонов, но все они в итоге сходятся в одну точку и в месте приема уже невозможно определить, с какой стороны идут звуки.

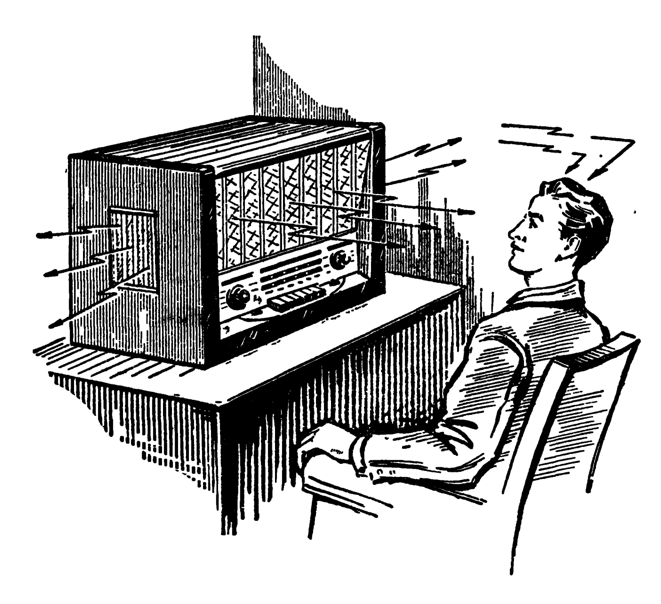
Казалось бы, что радиовещание и звукозапись никогда не дадут настоящего «эффекта присутствия». Мы всегда будем чувствовать, что звук приходит к нам не с огромной сцены, а из небольшого деревянного ящика.

Однако не будем торопиться с выводами.

ОБМАН, ОЧЕНЬ ПОХОЖИЙ НА ПРАВДУ

Можно ли каким-нибудь путем осуществить стереофоническое воспроизведение звука! Конечно, можно. Для этого на сцене достаточно установить несколько микрофонов, в помещении, куда транслируется передача, разместить в таком же порядке громкоговорители, каждый из которых соединяется с соответствующим микрофо-

[1] Р. Сворень, «Знание — сила», 1960, № 5.



ном. При такой системе громкоговорители почти в точности воспроизведут звуковую картину, существующую на сцене.

Многоканальная стереофония нашла применение, например, в панорамном кино, где используется девять звуковых каналов. Звук записывается с помощью девяти групп микрофонов на пленку При демонстрации фильма эта фонограмма воспроизводится специальным девятиканальным магнитофоном и девятью группами громкоговорителей, расположенных в разных местах зрительного зала. Более проста четырехканальная система, применяемая в широкоэкранном кино, но и она дает изумительные стереофонические эффекты.

Однако ни та, ни другая система практически непригодна для вещания по проводам, для радиовещания и звукозаписи на пластинку. Действительно, даже при использовании четырехканальной системы трансляция стереофонических передач требует четырех пар проводов или четырех радиостанций. Причем для приема таких передач необходимы четыре радиоприемника. Любителю звукозаписи пришлось бы проигрывать четыре пластинки сразу, и вращаться они должны с абсолютно одинаковой скоростью. Опоздание на 0,0001 *сек* уже недопустимо.

Такие усложнения практически совершенно неприемлемы и, очевидно, исходя из этого, многие радиоспециалисты считали, что для широкого круга радиослушателей и любителей грамзаписи стереофония — непозволительная роскошь.

Несколько лет назад начались попытки искусственно создать в массовой радиоаппаратуре — приемниках, радиолах, телевизорах — хоть какое-нибудь подобие стереозвука. Так появились акустические системы объемного звучания, в настоящее время применяемые в подавляющем большинстве отечественных приемников и радиол. В этих приемниках громкоговорители расположены не только на передней стенке ящика, но и на двух боковых, поэтому создается впечатление, что звук исходит не из одной точки.

За рубежом получили распространение псевдостереофонические установки, в которых громкоговорители размещают в двух отдельных ящиках, расположенных на значительном расстоянии один от другого. В усилителе с помощью специальных фильтров высокие и низкие частоты разделяются и подаются на разные громкоговорители. В результате в одной стороне комнаты Вы слишите низкие звуки, которые в основном соответствуют басам и таким инструментам, как барабан, контрабас, виолончель, а из другои до Вас доносятся высокие и чистые звуки флейт и скрипок, женские голоса. Такое искусственное «размещение» отдельных исполнителей в пространстве, хотя и создает какое-то подобие стереофонии, но, конечно, не имеет ничего общего с тем, что Вы услышали бы, находясь в зрительном зале.

В самом деле, если низкочастотный громкоговоритель находится справа от Вас, то голос певца, поющего басом, Вы всегда будете слышать справа, хотя он в это время может находиться в левой части сцены и даже двигаться по ней из одного конца в другой.

Но если многоканальная стереофония — это единственный возможный путь для получения высокой верности воспроизведения звука, то нельзя ли упростить стереофонические системы, сделать их доступными для внедрения в массовую радиоаппаратуру? Оказывается, можно.

Как показали многочисленные исследования советских и зарубежных специалистов, стереофоническую передачу можно осуществить, используя три и даже два канала. Это подтверждалось экспериментами, в частности проведенными еще в 1935 г. проф. И. Е. Гороном в Москве в Государственной лаборатории звукозаписи.

Правда, при двухканальной передаче воспроизводимый звук несколько отличается от реальной звуковой картины, но он не далек от истины. Зато, ограничившись двумя каналами, можно уже думать о массовой стереофонической аппаратуре.

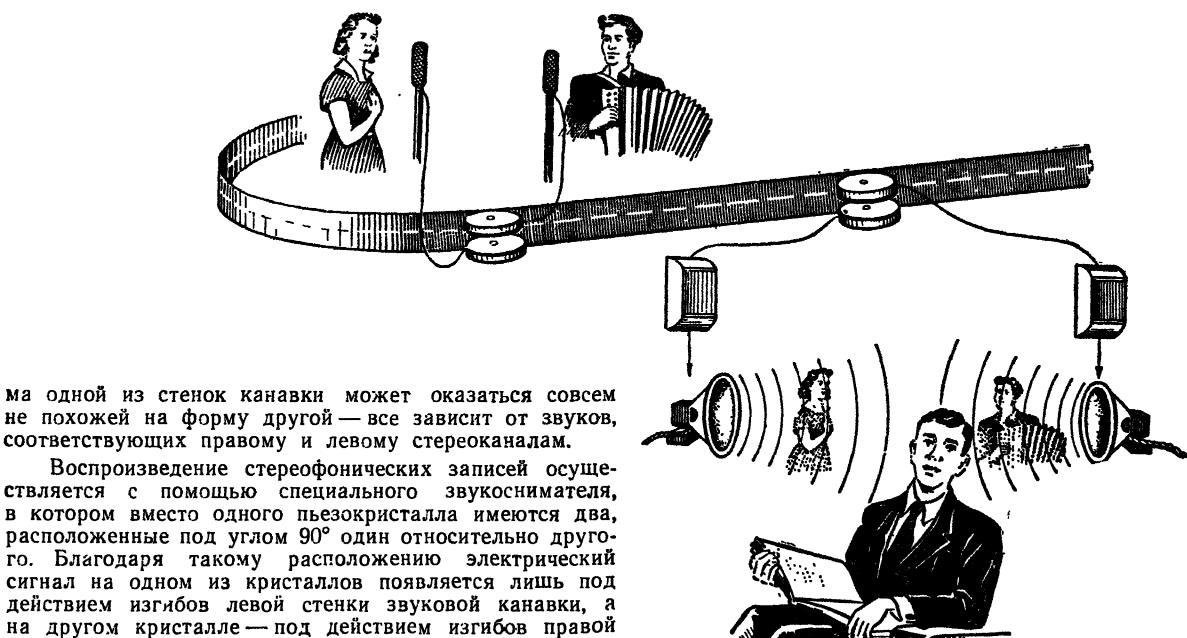
НА ОДНОЙ ПЛАСТИНКЕ

Двухканальный стереофонический магнитофон представить себе нетрудно. Он является точной копией обычного магнитофона, но у него 2 комплекта магнитных головок. Один из них будет записывать, например, звук правого стереоканала на верхней дорожке (на верхней половине ленты), а второй—звук левого стереоканала на нижней дорожке. В дальнейшем звук, воспроизведенный с каждой из магнитных дорожек, поступит на отдельный громкоговоритель, благодаря чему и создастся стереоэффект.

Значительно сложнее решается задача стереофонической грамзаписи. О том чтобы использовать для этой цели два проигрывателя и две пластинки, не может быть и речи, хотя бы потому, что практически невозможно синхронизировать работу этих проигрывателей с точностью до тысячных долей секунды. Задача решается путем одновременной записи обоих стереоканалов на одной пластинке и даже, более того, в одной звуковой канавке.

Известно, что под действием записываемого звука на обычной пластинке появляется волнистая канавка. Она является своеобразным портретом записываемого звука, так как характер ее изгиба полностью зависит от силы и частоты звука. Когда игла звукоснимателя движется по пластинке, она колеблется в соответствии с извилинами канавки и на стенках пьезокристалла, связанного с иглой, появляется переменное напряжение — электрическая копия записанного звука.

Один из наиболее распространенных способов получения стереофонической пластинки, обозначаемый условно «45/45», состоит в том, что стенки звуковой канавки делают покатыми и наклонными под углом 45° к плоскости пластинки, т. е. под углом 90° одна относительно другой. С помощью специального записывающего инструмента — рекордера — на каждой из покатых стенок канавки осуществляется запись одного из стереоканалов. Совершенно очевидно, что при этом фор-



ма одной из стенок канавки может оказаться совсем не похожей на форму другой — все зависит от звуков, соответствующих правому и левому стереоканалам.

Воспроизведение стереофонических записей осуществляется с помощью специального звукоснимателя, в котором вместо одного пьезокристалла имеются два, расположенные под углом 90° один относительно другого. Благодаря такому расположению электрический сигнал на одном из кристаллов появляется лишь под действием изгибов левой стенки звуковой канавки, а на другом кристалле — под действием изгибов правой стенки. Так осуществляется разделение каналов стереозаписи.

Наличие двух записей в одной канавке предъявляет повышенные требования к стереофоническому звукоснимателю. Так, например, его вес, приведенный к концу иглы, не должен превышать 5 *г*, а радиус закругления иглы — 12—18 *мк* вместо 12 *г* и 25 *мк* в обычном звукоснимателе. Время звучания стереофонической пластинки примерно такое же, как и у обычной долгоиграющей.

ЧЕРЕЗ ОДНУ РАДИОСТАНЦИЮ

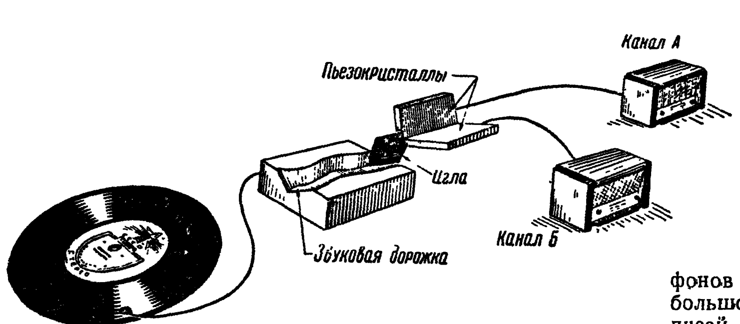
Подобно тому как стереофоническую грамзапись можно выполнить на одной пластинке, двухканальную стереофоническую радиопередачу можно осуществить через одну радиостанцию.

Используя один из распространенных видов модуляции — амплитудную, можно заставить высокочастотный ток раздельно «запечатлеть» каждый из двух стереоканалов, но так, чтобы в приемнике было легко их разделить. Для этого положительные полупериоды высокочастотного тока модулируют одним каналом, а отрицательные — вторым.

Но осуществить такую двухполярную модуляцию не так-то просто. Дело в том, что при амплитудной модуляции в одинаковой степени изменяются как положительные, так и отрицательные полупериоды высокочастотного тока и график модулированного сигнала практически симметричен относительно оси времени. Такова природа модуляции, и здесь, как говорится, ничего поделать нельзя. Однако можно перехитрить природу, взяв два одинаковых высокочастотных тока, но промодулировать каждый из них отдельно одним из каналов. Здесь с помощью полупроводниковых диодов, пропускающих ток только в одну сторону, надо у первого сигнала «срезать» отрицательные полупериоды, а у второго — положительные и, наконец, сложить оба модулированных сигнала в общей электрической цепи. В результате всех этих операций мы получим нужный нам «гибрид» — высокочастотный ток, раздельно модулированный каждым из стереоканалов.

В приемнике эти каналы легко разделить с помощью таких же полупроводниковых диодов. Один из них пропустит лишь положительные полупериоды, а второй — отрицательные, и таким образом, стереоканалы вновь будут разделены.

Примерно так и осуществляются стереофоническая передача через одну радиостанцию, а прием — с помощью одного приемника. Конечно, у такого приемника, так же как у стереомагнитофона или проигрывателя, должно быть два усилителя низкой частоты с громкоговорителями. Один такой усилитель есть в самом приемнике, а второй вместе с детектором, разделяющим каналы, может быть выполнен в виде небольшой и сравнительно простой приставки.





«За» и «против»

Сегодня двухканальная стереофония стала реальностью как для массовых видов звукозаписи, так и для радиовещания. В Москве освоено производство двухканальных магнитофонов МЭЗ-41 для студий звукозаписи, подготовлено большое количество стереофонических музыкальных записей. Ленинградцы разработали массовый переносный

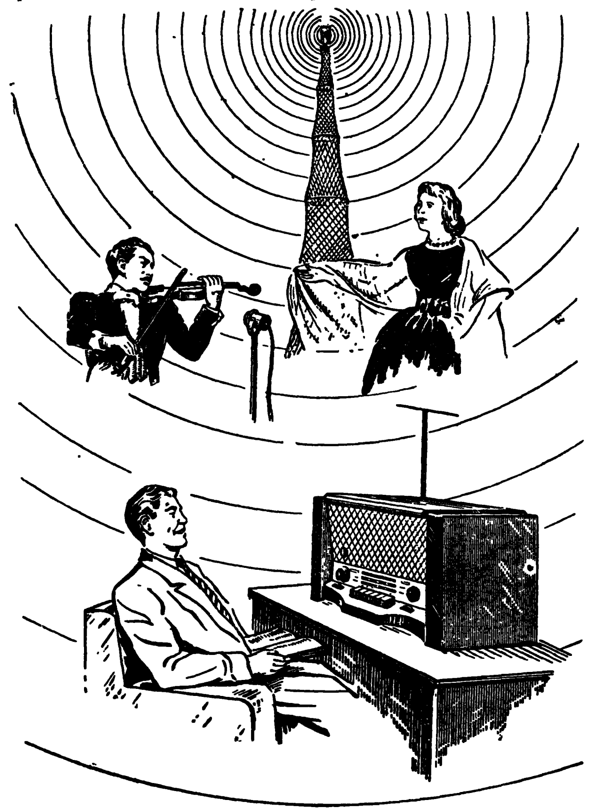


стереофонический радиограммофон «Юбилейный-стерео». Созданы аппаратура для стереофонических радиопередач и простая приставка для их приема.

Установки для воспроизведения грамзаписей демонстрируются на Всесоюзной выставке достижений народного хозяйства, а с марта 1961 г. в Ленинграде, а затем и в Москве начались опытные стереофонические радиопередачи на ультракоротких волнах. Мы стоим на пороге массового внедрения стереофонии в звукозапись и радиовещание. Но перед тем, как сделать решительный шаг, специалисты еще раз сопоставляют все «за» и «против».

Вот несколько основных «за».

Во-первых, стереофония резко приближает звучание к естественному, позволяет получить такое качество звука, которое немыслимо в обычных приемниках и радиолах. И действительно, послушав стереофоническое радио, сразу же начинаешь мечтать о том, чтобы оно появилось и в твоем доме.



Второе «за» — это сравнительная простота аппаратуры для двухканальной стереофонии. Достаточно сказать, что установка, позволяющая вести стереопередачи через обычный УКВ передатчик, содержит всего 12 ламп, а приставка к приемнику для приема этих передач стоит не так дорого.

И, наконец, третье «за» — совместимость стереофонии с обычными одноканальными или, как говорят, монофоническими системами. Стереофоническое вещание можно принимать на обычный приемник без приставки (конечно, не получая при этом стереоэффекта). В свою очередь стереоприемник легко принимает обычные передачи. Точно так же на стереопроигрывателе можно воспроизводить обычные грамзаписи. Совместимость — огромное достоинство, так как она позволяет переходить на стереофонию, постепенно модернизируя существующий парк приемников и радиол.

Теперь несколько «против».

Во-первых, для того чтобы сделать стереофонию действительно массовой, придется модернизировать огромное количество уже действующих приемников и телевизоров, а также наладить широкий выпуск стереофонических приставок. Кроме того, необходимо будет несколько усложнить выпускаемую аппаратуру.

Еще один недостаток — при переходе на стереовещание заметно снижается реальная мощность радиостанций, а это значит, что может уменьшиться зона уверенного приема. К недостаткам можно отнести и то, что стереофонические звуковоспроизводящие установки занимают сравнительно много места, так как громкоговорители отдельных каналов должны быть разнесены на 1,5—2,5 *м.*

Оценивая двухканальную стереофонию, необходимо отметить еще и ту работу, которую она может выполнять «по совместительству». Дело в том, что по каждому из стереоканалов можно передать отдельную монофоническую программу и в приемнике легко выделить одну из этих передач. Практически это значит, что футбольный матч можно комментировать одновре-

менно на двух языках или осуществлять двухъязыковое звуковое сопровождение кинофильмов. Эта особенность приобретает исключительное значение для наших союзных республик, а также при международном обмене телевизионными передачами. Это, пожалуй, одно из самых существенных «за» двухканальной стереофонии.

Сопоставляя все «за» и «против», можно сделать только один вывод: двухканальная стереофония имеет реальные перспективы для широкого внедрения в радиовещание и звукозапись.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

И. В. Андреев, Внешнее оформление приемника (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1958.

Принципы конструктивного построения приемников, выбор акустических систем и определение акустических параметров футляра.

Н. В. Бобров, Радиоприемные устройства (Массовая радиобиблиотека, Учебная серия), Госэнергоиздат, 1958.

Книга предназначена для широкого круга радиолюбителей как учебник в области радиоприемных устройств. Главное внимание в ней уделяется объяснению физических процессов, происходящих в отдельных каскадах радиоприемников длинных, средних, коротких и метровых длин. Дается методика расчета каскадов радиоприемников.

Конечной целью книги является помощь читателю в приобретении необходимых знаний для проектирования, изготовления и налаживания любительских радиоприемников.

Принятый в книге метод изложения материала и применяемый математический аппарат, позволяют изучать ее без других книг тем радиолюбителям, которые окончили 9-10 классов и имеют некоторый опыт по сборке и налаживанию радиоприемников.

В помощь радиолюбителю, вып. 6, Изд. ДОСААФ, 1958.

В сборнике помещена статья С. Воробьева «Батарейный супергетеродин».

В помощь радиолюбителю, вып. 7, Изд. ДОСААФ, 1958.

Имеется статья С. Воробьева «Усилители низкой частоты», в которой приводятся описания нескольких усилителей на различную выходную мощность, предназначенных для воспроизведения грамзаписи

А. П. Горшков, Как установить радиоприемник, изд. 3-е, переработанное, Связьиздат, 1958.

Книга содержит необходимые сведения для владельцев радиоприемников: выбор места для установки радиоприемника; устройство антенны и заземления; управление радиоприемником; питание сетевых и батарейных приемников; наблюдение за лампами; эксплуатация радиоприемника; воспроизведение грамзаписи; справочные материалы.

И. П. Жеребцов, Радиотехника, Связьиздат, 1958.

Гл. 7 книги посвящена усилителям низкой частоты, а гл. 9 радиоприемникам.

В. М. Большов и Ю. М. Большов, Простые конструкции начинающего радиолюбителя (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

В брошюре описаны конструкции самодельных радиоприемников (одноламповый приемник-радиоточка, двухламповый приемник с вариометром, трехламповый приемник и двухламповый супергетеродин и два усилителя низкой частоты с питанием от сети переменного тока). Конструкции содержат небольшое число деталей и доступны для изготовления начинающими радиолюбителями.

В. Г. Борисов, Юный радиолюбитель, изд. 3-е, переработанное и дополненное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

Книга содержит, кроме теоретических бесед, описание 15 несложных конструкций радиоприемников и усилителей.

В. К. Лабутин и Т. Л. Поляков, Карманный радиоприемник на транзисторах (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

Подробное описание самодельного супергетеродина с фиксированной настройкой на три радиовещательные станции, работающие в диапазоне средних и длинных волн.

Г. Д. Левинтов, Покупателю о радиоприемниках, Госторгиздат, 1959.

Книга дает основные сведения о принципах работы радиоприемников, знакомит с их классификацией и параметрами, помогает при их выборе, установке и эксплуатации.

В. В. Яковлев, Любительские переносные приемники на транзисторах (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

В брошюре описаны четыре самодельных приемника на транзисторах, их конструкции и методика налаживания.

Ю. М. Большов, Экономичный приемник на транзисторах (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

Описание конструкции самодельного экономичного приемника прямого усиления, который может быть рекомендован для постройки радиолюбителям, проживающим в неэлектрифицированной местности.

В помощь радиолюбителю, вып. 9, Изд. ДОСААФ, 1960.

Помещена статья В. Углова «Портативный радиограммофон» (позволяет принимать две-три местные станции в длинноволновом диапазоне и проигрывать грампластинки).

Л. Кунин и Л. Ротштейн, Радиолы, приемники, проигрыватели (устройство, эксплуатация, неисправности и их устранение). Новосибирское книжное издательство, 1960.

Брошюра в помощь радиослушателю.

В. К. Лабутин, Простейшие конструкции на транзисторах, изд. 2-е (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

На примерах описания простейших конструкций с полупроводниковыми триодами (два усилителя, радиограммофон, приемник с фиксированной настройкой прямого усиления, супергетеродин) брошюра знакомит читателя с общими принципами действия и особенностями транзисторов.

Е. А. Левитин, Схемы отечественных радиовещательных приемников, Госэнергоиздат, 1960.

Справочные данные по радиовещательным приемникам, выпускавшимися отечественной промышленностью с 1950 г. по год издания. Даны принципиальные схемы, справочные таблицы по катушкам колебательных контуров и обмоткам дросселей и трансформаторов, применяемым деталям, карты сопротивлений по постоянному току.

Радиосхемы (Пособие для радиокружков). Изд. ДОСААФ, 1960.

В альбоме схем читатель найдет около 30 описаний и схем радиоприемников и усилителей различной слож-

ности, в которых используются электронные лампы и транзисторы.

Л. В. Троицкий, Схемы сетевых радиолюбительских приемников (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

Книга содержит 45 описаний любительских сетевых радиоприемников и радиол различной сложности. Она предназначена для радиолюбителей-конструкторов, желающих выбрать схему приемника из числа опубликованных или самостоятельно составить ее, комбинируя элементы уже известных схем. Приводятся также описания отдельных блоков приемников и выпрямителей.

В конце книги даются краткие советы конструктору по монтажу, налаживанию приемника и улучшению качества звучания.

В. М. Большов, Схемы радиолюбительских усилителей низкой частоты (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Сборник описаний конструкций усилителей, предназначенных для самостоятельного изготовления. Подробно излагаются методика налаживания усилителей и способы отыскания и устранения в них неисправностей.

М. Д. Ганзбург, Улучшение звучания приемника (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

В книге рассказывается о новинках в отечественных и зарубежных радиовещательных приемниках, направленных на улучшение качества их звучания. Особое внимание уделено акустическим системам объемного стереофонического звучания и усилителям низкой частоты для этих систем.

В. Е. Зотов, Радиолюбительские карманные приемники на транзисторах (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

В брошюре помещены схемы и краткие описания карманных радиоприемников на транзисторах, построенных радиолюбителями и опубликованных в ряде номеров журнала «Радио» за период с 1958 по 1960 г. Наряду с этим описываются некоторые самодельные детали для таких приемников.

Книга сельского радиолюбителя. Изд. ДОСААФ, 1961.

Гл. 7 книги содержит 14 описаний конструкций радиоприемников и усилителей, в схемах которых используются транзисторы и электронные лампы; в следующей главе даны описания ряда батарейных и сетевых приемников, выпускаемых отечественной радиопромышленностью.

Ю. В. Костыков и Л. Н. Ермолаев, Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1961.

Две главы книги посвящены усилителям низкой частоты и простейшим радиоприемникам с усилителями.

С. С. Крашенинников, Как находить неисправности в приемнике. Изд-во ДОСААФ, 1961.

В брошюре описана методика нахождения неисправностей в приемнике при помощи простого прибора сигнал-индикатора, позволяющего достаточно быстро проверить прохождение сигнала станции по всему тракту приемника и обнаружить то или иное повреждение.

Дается описание схем и конструкций трех различных вариантов сигнал-индикатора: одноламповогo, четырехлампового и транзисторного.

Подробно рассказывается, как работать с сигналом-индикатором при нахождении неисправностей в приемниках.

С. В. Литвинов, Радиоаппаратура на Выставке достижений народного хозяйства (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Брошюра знакомит с радиовещательной и электроакустической аппаратурой, экспонируемой в павильоне «Радиоэлектроника и связь» Выставки достижений народного хозяйства СССР.

Дан краткий обзор экспонатов этого раздела. Приведены основные технические данные ряда экспонатов, в том числе аппаратуры воспроизведения стереофонической записи звука и радиоприемников на транзисторах.

А. Г. Соболевский, Рассказ о радиоприемнике (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1962.

В популярной и занимательной форме рассказывается о принципах работы радиоприемников и физических процессах, которые происходят при радиоприеме. Книга хорошо иллюстрирована.

Справочник начинающего радиолюбителя, под общей редакцией Р. М. Малинина (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Содержит основные теоретические и практические сведения, необходимые радиолюбителю в его конструкторской работе. Значительное место в книге отведено практическим схемам радиоприемников и усилителей, советам по налаживанию радиоаппаратуры и устранению неисправностей в ней.

М. М. Румянцев, Карманный радиоприемник «Малыш» (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Подробное описание простого по устройству самодельного малогабаритного приемника, в схеме которого используются транзисторы.

Приемник имеет плавную настройку и работает в диапазоне длинных и средних волн.

Статьи

Р. Сворень, Шаг за шагом, От детекторного приемника до супергетеродина (в статье подробно описан сетевой четырехламповый приемник), «Радио» 1959, № 5—12.

В. Костиков, Простой усилитель низкой частоты, «Радио», 1959, № 7.

Л. Кошевой, Усилитель на полупроводниковых триодах, «Радио», 1959, № 8.

К. Потапов, Радиоприемник «Родина-59», «Радио», 1959, № 6.

З. Целыковская, Радиоприемник «Родина-59», «Радио», 1959, № 11.

М. Румянцев, Радиоприемник «Малыш», «Радио», 1960, № 11.

Р. Фридрихсон, Радиола «Латвия», «Радио», 1960, № 4.

Л. Лукьянова, Л. Ломакин и И. Морозов, Три простых супергетеродина, «Радио», 1960, № 8.

А. Блейх и В. Спиридонов, Переносный радиоприемник «Атмосфера», «Радио», 1961, № 1.

Г. Крылов, Простой усилитель НЧ, «Радио», 1961, № 1.

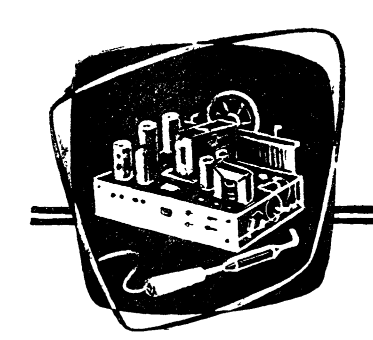
Радиола «Сакта», «Радио» 1961, № 3.

В. Большов и Р. Сворень, Простой батарейный приемник, «Радио», 1961, № 3.

А. Халамез, Радиола-магнитофон «Казань-2», «Радио», 1961, № 4.

Е. Боронин и С. Крестовский, Карманные радиоприемники «Чайка» и «Нева», «Радио», 1961, № 5.





Глава десятая

СБОРКА РАДИОПРИЕМНИКА

О РАБОЧЕМ МЕСТЕ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ[1]

Принято считать, что комната радиолюбителя представляет собой склад всякого железного лома, а его рабочее место — нагромождение деталей, ламп, проводов и трансформаторной стали. Пора покончить с таким представлением о радиолюбителях. Они в своем большинстве люди организованные и аккуратные.

Каждому начинающему радиолюбителю следует с первых шагов своей практической деятельности держать в порядке свое рабочее место.

В книжке «Сборка радиоаппаратуры» (см. литературу к этой главе), написанной опытными специалистами, есть немало добрых советов о том, в каком порядке надо держать свое рабочее место. Речь идет в ней о монтажерах-сборщиках радиоаппаратуры, но это целиком относится и к радиолюбителям.

Инструмент следует располагать с правой стороны, кроме пинцета, располагаемого слева от монтируемого прибора. Пинцетом при пайке поддерживается припаиваемый провод. Если приходится производить одновременно монтаж и частичную сборку прибора, к монтажному инструменту прибавляется сборочный (торцовые ключи, отвертки, ручная дрель, сверла и др.).

Нельзя допускать перемешивания монтажных деталей, винтов и гаек с инструментом. Это создает беспорядок на рабочем месте, понижает производительность труда.

Для того чтобы на рабочем месте был должный порядок, необходимо перед началом работы приготовить нужный инструмент, а монтажные детали разложить по отдельным коробкам.

Хорошо иметь специальный невысокий удлиненный шкафчик с ящичками, разделенными на более мелкие отделения для деталей различного назначения. Такой ящик называют «кассой», так как он напоминает типографскую кассу (рис. 1). Можно иметь более простые настольные «кассы» (рис. 2).

Удобно размещать сопротивления и конденсаторы на прессшпановых или картонных полосках длиной 150—200 *мм*. Ширина полоски берется по длине одноваттного сопротивления типа ВС-1,0. На полосках этой ширины располагаются сопротивления мощностью до 1 *вт* и конденсаторы до размера КСО-5, причем эти детали располагают маркировкой вверх, чтобы они огибали полоску своими выводами (рис. 3).

Можно размещать их и в вертикальном положении, как показано на рис. 4. Для этого можно использовать небольшую картонную коробку. В крышке коробки прокалываются отверстия по диаметру или шире вывода сопротивления. После этого коробочку наполняют

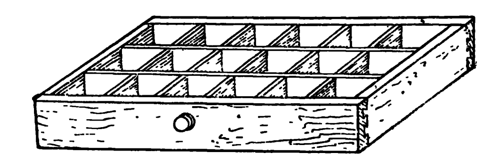


Рис. 1. Конструкция „кассы" — шкафчика.

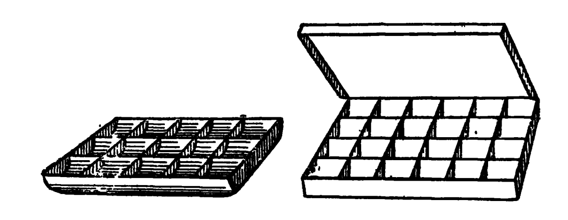


Рис. 2. Конструкции настольных „касс".

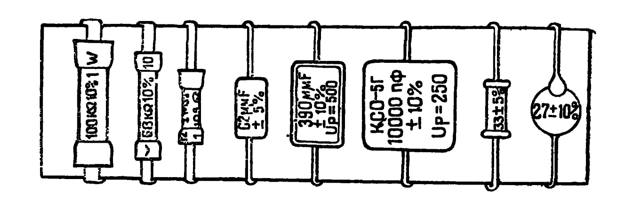


Рис. 3. Хранение мелких деталей на картонной полоске.

[1] По разным источникам.

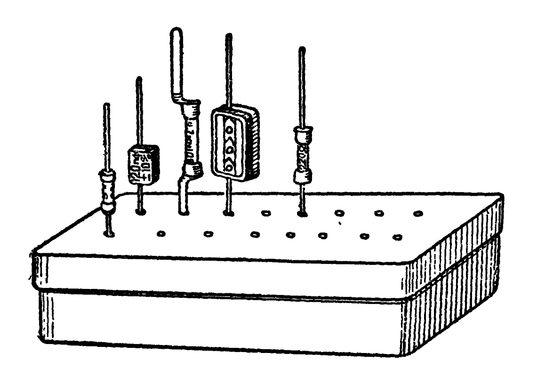


Рис. 4. Хранение мелких деталей в вертикальном положении.

сухим мелким песком для обеспечения устойчивости вставленных сопротивлений. Таким же способом можно размещать конденсаторы КСО.

Кроме деталей и проводов, радиолюбители пользуются вспомогательными материалами, к которым относятся: растворитель для промывки паек (бутилацетат), эмалевые краски, различные клеи: целлулоидный, марки БФ и др. Их следует хранить в стеклянных пузырьках с широкими горлышками, закрываемыми резиновыми пробками. Огнеопасные материалы помещают в металлическую коробку. Рекомендуется иметь мягкую подстилку — фланелевую или суконную, которую подкладывают под монтируемый прибор.

После работы рабочее место надо убрать. При этом монтажный материал и инструмент раскладывают по местам в ящиках стола. Для каждой группы инструмента — измерительного, монтажного, слесарного — лучше всего иметь свой ящик. Наилучшим способом хранения инструмента в ящиках стола является укладка каждого инструмента в изготовленные для него гнезда наподобие готовальни.

Сопротивления, конденсаторы и крепежные материалы, не замонтированные в прибор, укладываются в соответствующие отделения «кассы».

Подставку следует вынуть из-под монтируемого прибора, встряхнуть и накрыть ею прибор.

В случае необходимости нужно очистить и закрывать паяльник. Кстати говоря, паяльник следует держать на специальной подставке с коробочкой (рис. 5), разделенной на две части: для канифоли и припоя. Когда происходит уборка рабочего места, надо заменить канифоль, если она загрязнилась, выбросив бумагу или прессшпан вместе с канифолью.

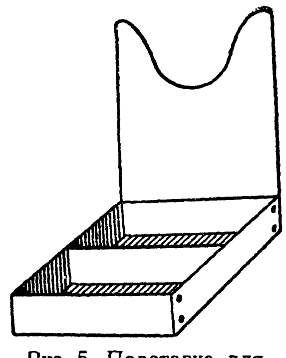


Рис. 5. Подставка для паяльника.

Уборка рабочего места, отнимая несколько минут, восстановит порядок в комнате радиолюбителя, избавит его от затраты времени при возвращении к монтажной работе в следующий раз и приучит к организованности.

В заключение следует отметить, что стол радиолюбителя должен быть хорошо освещен дневным светом, и поэтому лучше всего поставить его у окна. При искусственном освещении рабочего места следует применять лампочку не более 40—50 *вт.* Расположение источника света и осветительной арматуры надо выбрать так, чтобы глаза были полностью защищены от непосредственного воздействия лампочки. Блескость (ослепляющее действие на глаза источника света) вызывает утомление глаз и затрудняет работу.

Лампочка должна иметь отражатель достаточной глубины, чтобы утопать в нем целиком. Внутренняя поверхность отражателя должна быть покрыта белой эмалью или алюминиевой краской для равномерного отражения света.

Правильная организация рабочего места, порядок на нем — залог успешной конструкторной работы.

Родителям, руководителям радиокружков нужно с первых шагов юных и начинающих радиолюбителей воспитывать в них трудовую собранность, организованность и любовь к порядку.

МОНТАЖ РАДИОАППАРАТУРЫ[1]

ВЫБОР ДЕТАЛЕЙ

Первая задача, которая встает при монтаже любого радиоаппарата, — подбор радиодеталей.

При выборе радиодеталей, как правило, недостаточно ограничиваться соблюдением указанных на принципиальных схемах номинальных значений емкости или сопротивления. В соответствии с характером электрической цепи, в которую включается данная деталь, надо уметь правильно оценить все требования к ней и выбрать наиболее подходящий тип детали.

Ниже будут описаны характерные особенности и области применения радиодеталей различных типов. Эти сведения облегчат правильный выбор деталей для монтажа радиоаппаратуры.

Постоянные сопротивления. Кроме номинального значения электрического сопротивления, их характеристиками являются: допуск, номинальная мощность, температурная и временна́я стабильность, паразитная индуктивность и емкость.

По *допускам* широко применяемые в радиоаппаратуре сопротивления делятся на три класса: 20, 10 и 5%. В соответствии с этими допусками и безотходной классификацией сопротивлений в Советском Союзе действуют три шкалы номиналов, приведенные в табл. 1.

Для применения в измерительной аппаратуре выпускаются специальные сопротивления с допусками до 0,5% и меньше.

Номинальная мощность сопротивления — мощность, которую разрешается рассеивать при нормальной температуре окружающего воздуха (20° С). При повышенной температуре допустимая рассеиваемая мощность снижается.

Температурная и временна́я стабильность современных типов сопротивлений достаточно высока. Тем не менее стабильностью сопротивлений следует интересоваться при применении их в измерительных приборах в цепях, определяющих их точность и градуировку.

Паразитная индуктивность и емкость сопротивлений зависят от конструкции последних и нежелательны при включении сопротивлений в высокочастотные цепи.

[1] В. К. Лабутин, Книга радиомастера, (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

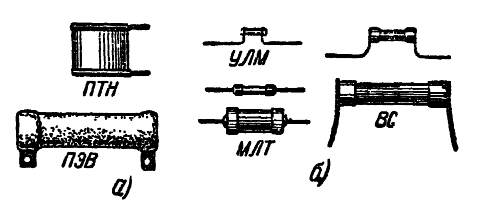


Рис. 1. Постоянные сопротивления.
а — проволочные; *б* — непроволочные; *в* — проволочные с малой индуктивностью.

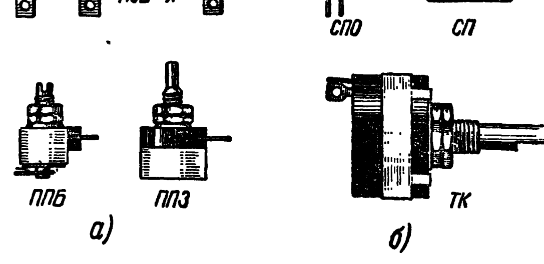


Рис. 2. Переменные и подстроечные сопротивления.
а — проволочные; *б* — непроволочные.

Таблица 1

Номинал	5%	10%	20%	Номинал	5%	10%	20%
10	+	+	+	36	+	—	—
11	+	—	—	39	+	+	—
12	+	+	—	43	+	—	—
13	+	—	—	47	+	+	+
15	+	+	+	51	+	—	—
16	+	—	—	56	+	+	—
18	+	+	—	62	+	—	—
20	+	—	—	68	+	+	+
22	+	+	+	75	+	—	—
24	+	—	—	82	+	+	—
27	+	+	—	91	+	—	—
30	+	—	—	100	+	+	+
33	+	+	+				

Примечание. Остальные номиналы образуются путем умножения приведенных в таблице на 10, 100 и т. д.

Проволочные сопротивления отличаются высоким постоянством электрического сопротивления. Единственным фактором, влияющим на их стабильность, является изменение рабочей температуры. Но при соответствующем выборе диаметра проволоки эти сопротивления могут рассеивать значительные мощности (порядка десятков ватт) при сравнительно малом нагреве.

Проволочные сопротивления наматываются на каркасы из изоляционных материалов, выдерживающих расчетную рабочую температуру, которая при большой мощности может достигать 200—300° С.

Распространенными типами мощных нагревостойких проволочных сопротивлений являются остеклованные сопротивления типов ПЭ и ПЭВ (рис. 1,*а*), выпускаемые на мощности от 2,5 до 150 *вт*. Их основанием служит фарфоровая или керамическая трубка; проволочная обмотка залита стекловидной эмалью, предохраняющей проволоку от механических деформаций и от влияния влаги.

Поскольку обмотка сопротивлений обладает заметной индуктивностью, проволочные сопротивления применяют в основном в низкочастотных цепях и цепях постоянного тока. Собственная емкость высокоомных проволочных сопротивлений (на десятки килоом) также может сказываться уже на частотах в несколько килогерц.

В целях снижения индуктивности применяют бифилярную намотку, т. е. намотку сложенным вдвое проводом (рис. 1,*в*), при которой магнитные поля обеих половин обмотки взаимно уничтожаются. Уменьшению индуктивности содействует также применение наиболее тонкого провода (0,02—0,05 *мм*) и плоских каркасов из тонких пластинок диэлектрика, например слюды. Но и эти меры позволяют применять в высокочастотных цепях только низкоомные проволочные сопротивления до 100—200 *ом*.

Непроволочные сопротивления изготовляются из разнообразных мастик, основной частью которых является углерод, или из тончайших пленок металла. Стабильность современных непроволочных сопротивлений (типов ВС, МЛТ, УЛМ) достаточно высока и обычно составляет не более нескольких процентов. Особенно высокой стабильностью обладают специальные типы непроволочных сопротивлений, предназначенных для измерительной аппаратуры (УЛИ, БЛП, МЛП).

Непроволочные сопротивления выпускаются на номиналы от 27 *ом* до 10 *Мом* и на мощности от 0,12 до 10 *вт*. Они обладают очень малыми паразитными индуктивностями и емкостями и могут применяться в любых цепях радиовещательных приемников.

Переменные сопротивления подразделяются в зависимости от числа выводов, служащих для включения их в схему, на реостаты (два вывода), потенциометры (три вывода) и потенциометры с отводами (четыре и более выводов).

Кроме переменных сопротивлений, предназначенных для работы в качестве регуляторов, снабжаемых ручками, применяются переменные подстроечные сопротивления, величину которых подгоняют лишь при налаживании прибора или ремонте. Подстроечные сопротивления снабжаются либо осью со шлицом для отвертки, либо передвижным хомутиком (рис. 2).

Проволочные переменные сопротивления выпускаются с номинальными значениями от единиц ом до 15—50 *ком*, причем наиболее распространены низкоомные номиналы.

Непроволочные переменные сопротивления выпускаются с широким ассортиментом номиналов (от 100 *ом* до 7,5 *Мом*) и имеют номинальные мощности от 0,15 *вт* (тип СПО-0,15) до 2 *вт* (тип СП-2).

Характеристикой переменного сопротивления является закон, по которому увеличивается сопротивление при вращении ручки по часовой стрелке. По этому признаку сопротивления делятся на три группы: *А* — с линейным законом (равномерное изменение сопротивления); *Б* — с логарифмическим законом (вначале вращения сопротивление увеличивается быстро, а затем — все меньше и меньше) и *В* — с показательным законом (вначале сопротивление увеличивается медленно, а затем — все быстрее и быстрее) (рис. 3).

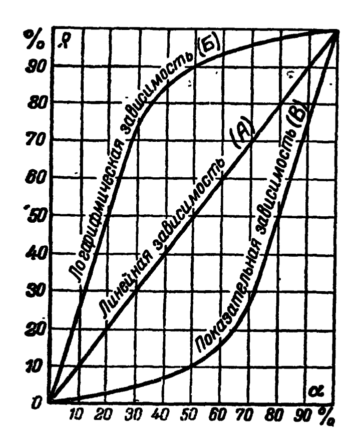


Рис. 3. Зависимость сопротивления R от угла поворота a (в процентах) для переменных сопротивлений различных типов (вращение—по часовой стрелке).

Выпускаются сдвоенные переменные сопротивления двух типов: два переменных сопротивления с общей осью для одной общей ручки и два переменных сопротивления с независимым управлением при помощи сдвоенной ручки.

Распространены также переменные сопротивления, объединенные с выключателем, контакты которого размыкаются при повороте ручки против часовой стрелки до отказа.

Выбор сопротивления надо производить в соответствии с рассеиваемой в нем мощностью.

Сопротивления, включаемые в цепи с током высокой частоты (в колебательные контуры, цепи управляющих сеток и анодов ламп), должны быть безындуктивными, поэтому здесь, как правило, отдают предпочтение непроволочным сопротивлениям, тем более что при незначительных мощностях, обычно имеющих место в указанных цепях радиоприемной аппаратуры, эти сопротивления обладают малыми габаритами и создают минимальные емкости. Если же нужно применить проволочные сопротивления, как обладающие более постоянными параметрами, то их обычно изготовляют специально, соблюдая рецепты по уменьшению индуктивностей и емкости.

В низкочастотных цепях и цепях постоянного тока в приемно-усилительной аппаратуре проволочные сопротивления применяют лишь при необходимости рассеивать мощность более 2—5 *вт* (балластные сопротивления, анодные фильтры) или при отсутствии среди непроволочных нужного номинала (низкоомные сопротивления в цепях накала и смещения). В остальных случаях применяются непроволочные сопротивления.

В анодных цепях ламп радиоприемников, исключая выходной каскад, сопротивления должны быть рассчитаны на мощность 0,5—1 *вт*, в цепях экраны сеток — обычно на мощность 0,5 *вт*. В цепях управляющих сеток ламп могут применяться сопротивления на 0,25 *вт*.

В измерительной аппаратуре, где требуются высокая точность и постоянство сопротивлений, желательно применять проволочные сопротивления, причем для измерений на переменных токах они должны быть бифилярными. Но высокоомные проволочные сопротивления могут оказаться слишком дорогими и громоздкими.

Проволочные сопротивления, величина которых не должна заметно изменяться при нагреве, изготовляются из материалов, которым следует отдавать предпочтение в следующем порядке: манганин, константан, никелин.

Аналогичными соображениями пользуются при выборе переменных сопротивлений. Высокоомные реостаты и потенциометры, от которых не требуется рассеяния большой мощности (регуляторы громкости и тембра), выбираются непроволочными; низкоомные регуляторы, особенно при большой их нагрузке током (например, реостаты накала), делаются проволочными. Чтобы защитить регуляторы от влияния посторонних высокочастотных и низкочастотных полей, их экранируют.

Для того чтобы регулировка громкости осуществлялась плавно и в широких пределах, применяют переменные сопротивления с экспоненциальной зависимостью (типа *В*). В качестве регуляторов тембра также часто нужны переменные сопротивления с нелинейной зависимостью (типа *В* или *Б*), но есть схемы (обычно при включении регулятора в цепь обратной связи), которые требуют линейной зависимости переменного сопротивления (типа *А*) (рис. 3).

Конденсаторы постоянной емкости. Номинальной емкостью конденсатора называется емкость, которой маркирован конденсатор. При температуре 20° С истинная емкость конденсатора может отличаться от номинальной не больше, чем это оговорено допуском в процентах, и для различных типов конденсаторов может составлять от 0,5 до 20%.

Температурный коэффициент емкости. Большинство конденсаторов при повышенной температуре увеличивает свою емкость. Для объективной оценки зависимости емкости от температуры введен температурный коэффициент емкости (ТКЕ), который показывает, на какую долю увеличивается емкость конденсатора при повышении температуры на 1° С.

В реальных условиях изменение емкости конденсатора под влиянием температуры редко превышает несколько процентов и в ряде случаев не имеет практического значения, но в измерительной аппаратуре и резонансных цепях такое отклонение оказывает существенное влияние на работу радиоаппарата в целом.

Пробивное напряжение — напряжение, при котором происходит пробой диэлектрика, сопровождающийся частичным разрушением его и обычно коротким замыканием обкладок конденсатора (исключая, конечно, воздушные и вакуумные конденсаторы). Иногда после пробоя наблюдается не короткое замыкание, а увеличенная утечка тока через место пробоя диэлектрика. В этих случаях сопротивление конденсатора постоянному току может составлять десятки и даже сотни ом.

Испытательное напряжение — напряжение, при котором конденсатор испытывается на прочность при выпуске на заводе. Обычно испытательное напряжение в 2—3 раза превышает рабочее напряжение, тем не менее использовать конденсатор в аппаратуре при подобных значениях напряжения нельзя, так как это значительно сокращает срок службы конденсатора и, кроме того, с повышением напряжения ухудшаются свойства его диэлектрика.

Пиковое напряжение — наибольшее значение кратковременного импульса напряжения на электролитическом конденсаторе, при котором гарантируется сохранность его диэлектрика.

Рабочее напряжение — рекомендуемое заводом предельное напряжение на обкладках конденсатора, при котором гарантируются установленный срок его службы и его электрические параметры.

Конденсаторы постоянной емкости чаще всего изготовляют со следующими диэлектриками: бумажным, слюдяным, керамическим, пленочным и электролитическим. Существуют также вакуумные, воздушные и газонаполненные конденсаторы постоянной емкости, но в радиоприемной и усилительной аппаратуре они не применяются.

Бумажные конденсаторы (рис. 4) состоят из лент тонкой фольги и проложенных между ними лент специальной конденсаторной бумаги. Эти ленты свертываются в виде рулонов или галет, упаковываемых в кар-

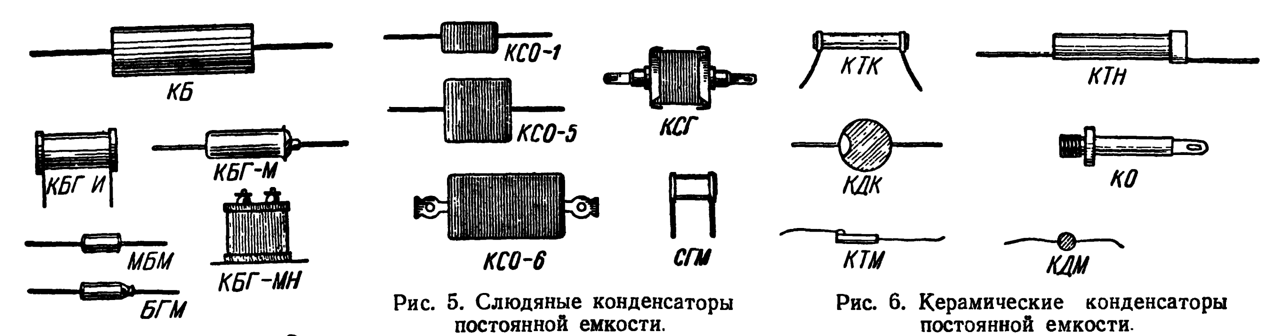


Рис. 4. Бумажные конденсаторы постоянной емкости.

Рис. 5. Слюдяные конденсаторы постоянной емкости.

Рис. 6. Керамические конденсаторы постоянной емкости.

тонные или фарфоровые трубки, либо в жестяные кожухи. Бумажные конденсаторы выпускаются емкостью от 470 *пф* до 30 *мкф* на рабочие напряжения от 150 до 1 500 *в*. Отклонение номинала у них составляет 10—20%. емкость не отличается высокой стабильностью, а ТКЕ и угол потерь значительны (уже при низких частотах последний достигает 0,01). Отсюда ясно, что такие конденсаторы непригодны для установки в колебательных контурах.

Бумажные конденсаторы с выводами только от концов ленточных обкладок обладают значительной для высоких частот индуктивностью, которая ограничивает диапазон рабочих частот конденсаторов, особенно большой емкости (микрофарадных).

В последнее время получают широкое распространение металлобумажные конденсаторы, в которых фольга заменяется тонким слоем металлизации, наносимым непосредственно на поверхность бумажной ленты. Конденсаторы такого типа (МБГП, МБГЦ, МБГО, МБМ) имеют меньшие габариты, чем обычные бумажные, и обладают свойством самовосстановления при кратковременном электрическом пробое (тончайший слой металлизации испаряется током короткого замыкания в месте пробоя).

У некоторых типов бумажных конденсаторов выводы не припаиваются к обкладкам, а лишь прижимаются к ним (например, БМ-1, БГМТ-1). Надежное контактирование обеспечивается у таких конденсаторов лишь при приложении постоянного напряжения не ниже 10 *в*.

Слюдяные конденсаторы (рис. 5), состоящие из большого числа обкладок фольги, переложенных пластинами из слюды, обычно обжимаются и запрессовываются в пластмассовую оболочку (тип КСО), но выпускаются также герметизированные слюдяные конденсаторы в плоских керамических оболочках (СГМ) и металлических корпусах (КСГ).

Номинальные емкости опрессованных конденсаторов лежат в пределах 51—30 000 *пф*, а для типа КСГ доходят до 0,1 *мкф*. Допуски бывают ±2, ±5, ±10 и ±20%. Рабочие напряжения слюдяных конденсаторов лежат в пределах 250—5 000 *в*.

Керамические конденсаторы (рис. 6) выполняются в виде пластинок, трубок или горшков, на обеих поверхностях которых наносятся слои металла, выполняющие роль обкладок. Высокая стабильность емкости во времени у этих конденсаторов объясняется отсутствием между твердым диэлектриком и обкладками воздушной прослойки.

Керамические конденсаторы малой мощности выпускаются двух типов: высокостабильные (ТКЕ около нуля) и компенсирующие (с отрицательным ТКЕ). Конденсаторы с различными ТКЕ различают по цвету их корпусов (табл. 2). Угол потерь меньше у высокостабильных (порядка 0,0001), но и у компенсирующих он не превышает значений, свойственных слюдяным конденсаторам.

Номинальные емкости малогабаритных керамических конденсаторов лежат в пределах 1—20 000 *пф*, рабочие напряжения — **от 150 до 500 *в*** постоянного тока.

Таблица 2

Группа	Цвет корпуса или точки	ТКЕ
К	Зеленый	$-(1\,300 \pm 200)\cdot 10^{-6}$
Д	Красный	$-(700 \pm 100)\cdot 10^{-6}$
М	Голубой	$-(50 \pm 30)\cdot 10^{-6}$
Р	Серый	$+(+30 \pm 30)\cdot 10^{-6}$
С	Синий	$+(120 \pm 30)\cdot 10^{-6}$
Н	Оранжевый	Не нормируется

Керамические конденсаторы, в особенности миниатюрные, обладают наименьшими паразитными индуктивностями и сохраняют работоспособность вплоть до диапазона с. в. ч.

В промышленном ассортименте керамических конденсаторов имеются особые конструкции: проходные и опорные конденсаторы, одна из обкладок которых обеспечивает соединение с металлическим экраном или шасси радиоприбора при совершенно ничтожной индуктивности.

Пленочные конденсаторы (рис. 7). Развитие технологии синтетических материалов способствовало появлению новых конденсаторов с диэлектриком в виде тонкой пленки из полистирола и фторопласта. Пленочные конденсаторы имеют номинальные емкости от 51 *пф* до 0,03 *мкф* и выпускаются на различные рабочие напряжения от 60 *в* (ПМ) до 600 *в* (ФТ). Выпускается также пленочный конденсатор типа ПОВ на 390 *пф* и рабочее напряжение 10 или 15 *кв* (для телевизоров).

Пленочные конденсаторы обладают исключительно высоким сопротивлением утечки (более 50 000 *Мом*), высокой стабильностью емкости и работоспособны до частот в несколько мегагерц.

Недостаток конденсаторов с полистирольной пленкой заключается в их низкой нагревостой-

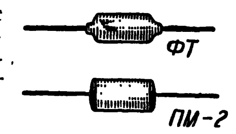


Рис. 7. Пленочные конденсаторы постоянной емкости.

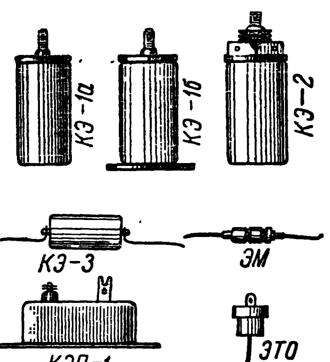


Рис. 8. Электролитические конденсаторы.

кости (не выше 60° С). От него свободны конденсаторы с фторопластовой пленкой (типа ФТ).

Электролитические конденсаторы (рис. 8) представляют собой совершенно особую по своим свойствам группу конденсаторов. Диэлектриком в них служит чрезвычайно тонкая оксидная пленка на поверхности алюминиевой фольги, формируемая путем электролиза.

Достоинством электролитических конденсаторов является возможность получения очень больших емкостей (до тысяч микрофарад) при малых габаритах. Но эти конденсаторы могут работать лишь при постоянном напряжении (причем необходимо строгое соблюдение его полярности) и переменная составляющая не должна превышать 10% этого напряжения. Чем выше частота переменной составляющей, тем больше уменьшается действующая емкость конденсатора. Так, при частоте пульсации 400 *гц* емкость в среднем уменьшается вдвое, при частотах 5 000 — 10 000 *гц* она снижается до 0,2 номинальной, а при высоких частотах обращается в нуль.

Все электролитические конденсаторы обладают значительным током утечки, нормально равным десяткам микроампер на 1 *мкф* емкости у высоковольтных и единицам микроампер на 1 *мкф* у низковольтных конденсаторов. Повышение рабочей температуры приводит к сильному росту тока утечки. При длительном хранении электролитические конденсаторы заметно снижают свою емкость, а в иных случаях теряют ее совсем. Для предотвращения этого бездействующие электролитические конденсаторы рекомендуется время от времени ставить под напряжение.

Ассортимент выпускаемых электролитических конденсаторов определяется диапазоном емкостей от 2 до 120 *мкф* при высоких рабочих напряжениях (150—500 *в*) и от 0,5 до 2 000 *мкф* при низких рабочих напряжениях (4—100 *в*).

Отклонение емкости электролитических конденсаторов от номинала может составлять от —20 до +50%.

Особенно большую электрическую емкость на единицу объема имеют танталовые электролитические конденсаторы (типов ЭТ и ЭТО), отличающиеся к тому же высокой нагревостойкостью (до 100° С).

Конденсаторы переменной емкости изготовляются с воздушным и твердым диэлектриком, которым служит полистирольная или иная пленка. Пределы изменений емкости для первых составляют обычно 15—500 *пф*, для вторых — от 20—50 до 150—1000 *пф*.

Воздушные конденсаторы отличаются высокими качествами и постоянством параметров и градуировки, что в меньшей мере свойственно конденсаторам с твердым диэлектриком. Они применяются главным образом для настройки колебательных контуров.

В радиовещательных приемниках чаще применяются среднелинейные конденсаторы, обеспечивающие более равномерное расположение станций на шкале. У среднелинейного конденсатора относительное изменение частоты f в любой точке шкалы получается одинаковым.

Наряду с одиночными конденсаторами переменной емкости для целей одновременной настройки нескольких колебательных контуров выпускаются сдвоенные, строенные и счетверенные блоки. На рис. 9 представлен блок конденсаторов переменной емкости, состоящий из двух секций для настройки в диапазонах ДВ, СВ, КВ и двух малых секций для настройки колебательных контуров УКВ блока радиовещательного приемника.

Для точного согласования емкостей всех секций в блоках конденсаторов переменной емкости часто крайние подвижные пластины каждой секции делают разрезными, чтобы отдельные части их можно было слегка отгибать.

Для специальных регулировок (громкости, тембра, связи) изготовляются так называемые дифференциальные конденсаторы переменной емкости, большей частью с твердым диэлектриком (рис. 10).

Конденсаторы переменной емкости с малой конечной емкостью (до 10—60 *пф*) называют обычно подстроечными. В качестве диэлектриков в них наряду с воздухом часто применяют слюду и керамику (рис. 11). Лучшими из подстроечных конденсаторов являются воздушные на фарфоровом основании и керамические, причем последние обладают тем преимуществом, что при одинаковой максимальной емкости они по размерам меньше воздушных.

Выбор конденсаторов. Конденсаторы с воздушным диэлектриком ввиду их относительной дороговизны рационально применять только в высокочастотных колебательных контурах. Можно применять в колебательных контурах также керамические и слюдяные конденсаторы, хотя последние не всегда обладают достаточно малым углом потерь.

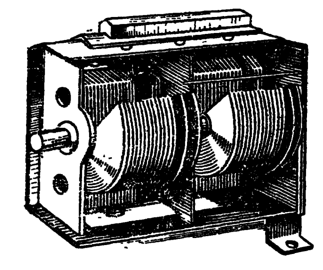


Рис. 9. Сдвоенный блок конденсаторов переменной емкости с УКВ секциями.

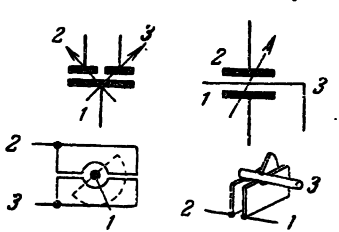
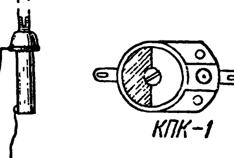


Рис. 10. Дифференциальные конденсаторы.



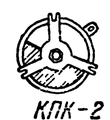


Рис. 11. Подстроечные керамические конденсаторы.

Во всех прочих цепях токов высокой частоты можно применять керамические и слюдяные конденсаторы (при емкостях до 1 000—5 000 *пф*) или безындукционные бумажные (при необходимой емкости более 1 000—5 000 *пф*).

В цепях экранных сеток ламп в анодных фильтрах высокочастотных каскадов для развязывания цепей допустимо применять безындукционные бумажные конденсаторы; при этом должна быть заземлена или соединена с проводом общего минуса наружная обкладка конденсатора (вывод от нее помечается соответствующим значком на корпусе или торце безындукционных конденсаторов). В низкочастотных каскадах все конденсаторы могут быть бумажными.

При выборе разделительного конденсатора для связи между каскадами надо убедиться в том, что он обладает при рабочем напряжении достаточно высоким сопротивлением изоляции (не менее 500 *Мом*). В цепях сеточного смещения и экранных сеток, а также в анодных фильтрах низкочастотных каскадов можно применять для развязывания электролитические конденсаторы, причем их сопротивление постоянному току при рабочем напряжении должно быть по крайней мере в 20 раз больше величины включенного последовательно или параллельно с ним сопротивления.

В цепях питания для сглаживания пульсации выпрямленного тока применяются электролитические или бумажные конденсаторы. В выпрямителях, работающих на повышенной частоте (в специальных устройствах), электролитические конденсаторы следует применять лишь при частотах до 1 000 *гц*, причем надо иметь в виду, что действующая емкость их будет ниже номинальной. Для блокировки цепей питания с переменным током в том числе обмоток трансформаторов, применяются бумажные и слюдяные конденсаторы.

Все конденсаторы должны быть выбраны с таким расчетом, чтобы они работали под напряжением, не превышающим их номинального рабочего напряжения. Если переменная составляющая напряжения мала (что имеет место во всех каскадах усиления высокой и промежуточной частоты, а также в цепях первого каскада низкой частоты приемника), то достаточно учитывать только постоянное напряжение на конденсаторе. Но в цепях оконечного каскада и выпрямителя надо учитывать также и переменную составляющую, причем ее надо по крайней мере утраивать и прибавлять к напряжению постоянной составляющей, потому что всегда возможны случайные пики напряжения, которые могут пробить диэлектрик конденсатора. Особенно высокое рабочее напряжение (не ниже 1 500 *в*) должны иметь конденсаторы, блокирующие высоковольтные обмотки силового трансформатора и конденсаторы, присоединенные к аноду лампы оконечного каскада низкой частоты.

Конденсаторы переменной емкости для настройки колебательных контуров приемника всегда желательно иметь с воздушным диэлектриком. Из подстроечных конденсаторов для этих целей следует отдавать предпочтение не воздушным, а керамическим. Еще в большей мере это относится к колебательным контурам измерительных приборов.

Индуктивности. Индуктивности целесообразно классифицировать по их назначению. Важнейшую группу индуктивностей составляют катушки для резонансных цепей, значительная часть которых делается переменными или подстраиваемыми, так что их индуктивность можно в некоторых пределах изменять. Затем идет группа катушек с постоянной индуктивностью, называемых дросселями. Они служат для преграждения пути переменным токам и выполняются со стальными сердечниками и без них. К отдельной группе индуктивностей следует отнести трансформаторы.

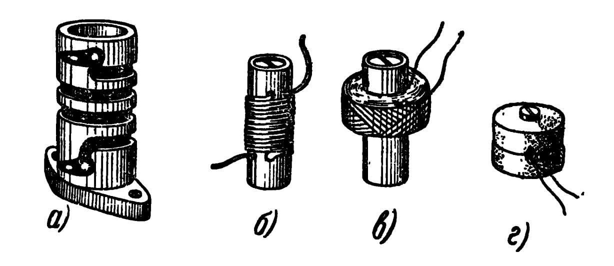


Рис. 12. Образцы контурных катушек.

а — ультракоротковолновая (витки нанесены на каркас проводящей массой); *б* — однослойная коротковолновая; *в* — для средних и длинных волн (намотка типа „универсаль"); *г* — то же в броневом (чашечном) сердечнике.



Рис. 13. Способы изменения индуктивности.

Высокочастотные контурные катушки (рис. 12) служат для образования совместно с конденсаторами колебательных контуров, настраивающихся на строго заданные частоты. Поэтому величина индуктивности контурных катушек должна быть очень точной и не изменяться с течением времени. Поскольку точно изготовить катушку заданной индуктивности очень трудно, то, как правило, конструкция контурных катушек предусматривает возможность точной подгонки ее индуктивности. Средства регулирования величины индуктивности высокочастотных катушек показаны на рис. 13.

Кроме индуктивности, контурные катушки характеризуются также добротностью.

Очень часто у контурных катушек желательно иметь по возможности бо́льшую добротность. Для ее повышения, а также для достижения наибольшего постоянства параметров катушки очень важно применять для каркасов катушек высококачественные изоляционные материалы, и чем выше рабочая частота, тем качественнее должны быть изоляционные материалы. Желательно также всячески уменьшать массу изоляционных материалов, особенно на коротких и ультракоротких волнах.

Применение высокочастотных ферромагнитных сердечников облегчает получение высокой добротности (рис. 14).

Катушки для настраиваемых контуров должны обладать минимальной собственной емкостью (емкость между соседними витками и между витками и корпусом), так как она увеличивает начальную емкость колебательного контура и уменьшает коэффициент перекрытия диапазона и, кроме того, снижает добротность контура. Что касается габаритов контурных катушек, то

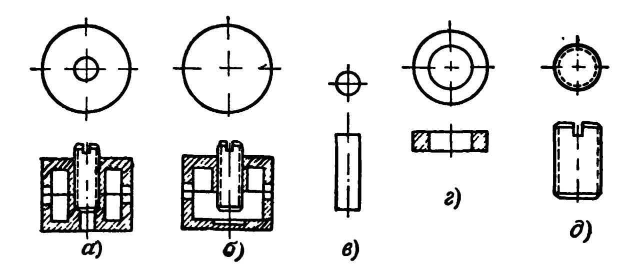


Рис. 14. Сердечники для высокочастотных катушек.

а — броневой замкнутый; *б* — броневой с зазором; *в* — цилиндрический; *г* — тороидальный; *д* — стержневой подстроечный.

хотя при больших размерах легче получить большую добротность, все же в современных приемниках предпочитают делать небольшие катушки, которые позволяют компактно смонтировать весь приемник и уменьшить паразитные связи.

Катушки с малой индуктивностью для коротких и ультракоротких волн выполняются в форме однослойной намотки относительно толстым эмалированным проводом, иногда с небольшим шагом между витками. Наилучшим материалом для сердечников этих катушек является карбонильное железо. Средневолновые и длинноволновые катушки, а также катушки контуров промежуточной частоты выполняются по большей части с намоткой типа «универсаль», которая имеет небольшую собственную емкость. Провод для намотки катушек «универсаль» следует брать с шелковой изоляцией. В качестве сердечников для катушек средних и длинных волн наряду с альсифером РЧ и карбонильным железом пригоден также феррит с умеренным значением магнитной проницаемости ($\mu=20\div200$). В последние годы все чаще стали отдавать предпочтение длинно- и средневолновым катушкам, заключенным в чашеобразные сердечники из магнитодиэлектрика. При этом намотка катушки производится «внавал» на специальных каркасах-шпулях.

Материал каркаса контурной катушки, а также пропиточные и заливочные массы, оказывают существенное влияние на качество контура, а потому должны выбираться с не меньшей тщательностью, чем провод и магнитодиэлектрик. В отношении электрических характеристик наилучшими являются не требующие пропитки и влагостойкого покрытия прозрачные полистирольные каркасы. Затем в порядке ухудшения диэлектрических качеств можно назвать следующие материалы для каркасов: алюминоксид, высокочастотный стеатит, ультрафарфор, бакелизированные трубки из кабельной бумаги. Последние широко применяются в качестве каркасов контурных катушек для массовых радиоприемников.

При изготовлении каркасов из картона или других волокнистых, а также пористых материалов готовые каркасы следует пропитывать полистирольным лаком, бакелитовым лаком (он требует горячей сушки при температуре до 140° С), глифталевым лаком, парафином или льняным маслом.

В целях защиты изоляции провода катушки от действия влаги применяется заливка намотанных катушек церезином, для чего изготовленную катушку вместе с каркасом окунают на 2—3 *ч* в бачок с расплавленным церезином.

При тесном монтаже при необходимости предотвратить влияние магнитных и электрических полей катушки на соседние детали и, наоборот, соседних цепей на катушку, прибегают к экранированию катушек (рис. 15).

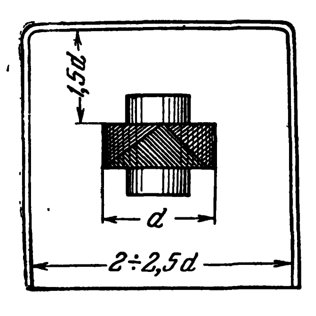


Рис. 15. Минимально допустимые размеры экрана.

Экраны высокочастотных катушек изготовляются из алюминия. Диаметр экрана должен быть не менее чем в 2—2,5 раза больше диаметра катушки (внешнего диаметра обмотки). Если катушка выполнена в замкнутом чашеобразном сердечнике из магнитодиэлектрика, то экран может иметь внутренний диаметр всего лишь на толщину прокладки больше внешнего диаметра чаши. Экранирование уменьшает индуктивность катушки (на 15—20%) и ухудшает ее добротность.

При ремонте, замене и изготовлении контурных катушек надо иметь в виду, что даже незначительное отклонение от расчетных данных в числе витков, размерах и выбранном материале может сделать катушку вовсе непригодной для использования в радиоприемнике. Еще в большей мере это относится к катушкам измерительной аппаратуры.

Дроссели. Выбор дросселя зависит от того, какие частоты он должен задерживать. Чтобы хорошо выполнить свое назначение при высоких частотах, дроссель должен обладать малой собственной емкостью и относительно большим числом витков (от 40—80 витков для ультракоротких до 500—1 000 витков для длинных волн).

Для уменьшения собственной емкости ультракоротковолновые дроссели наматывают в один слой с переменным шагом, а коротковолновые, средневолновые и длинноволновые секционируют (рис. 16), причем числа витков в секциях берут различными.

Уменьшить необходимое число витков и тем самым понизить собственную емкость высокочастотного дросселя удается выполнением его на магнитодиэлектрике (особенно хороши ферритовые цилиндрические и тороидальные сердечники).

Для заграждения широкой полосы частот целесообразно последовательно соединять два-три дросселя, рассчитанных на различные частоты.

Низкочастотные дроссели со стальным сердечником применяют в сглаживающих фильтрах выпрямителей и — реже — в качестве анодных нагрузочных сопротивлений низкочастотных каскадов. Особенностью работы и тех и других является наличие постоянной составляющей тока через обмотку. Это влечет за собой необходимость воздушного зазора в стальном сердечнике.

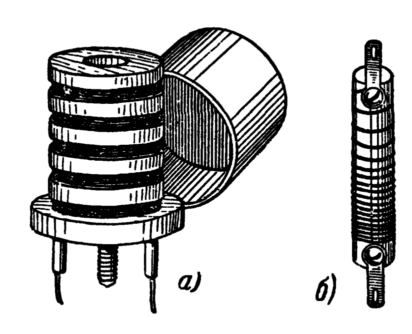


Рис. 16. Дроссели высокочастотные: секционированный (*а*) и однослойный УКВ (*б*).

Что касается дросселей сглаживающего фильтра, то обычно их индуктивность составляет 10—20 *гн*. Типичное сечение сердечника 4—6 *см*², число витков — от 3 000 до 10 000. Диаметр провода должен соответствовать проходящему через обмотку току и не вызывать большого падения напряжения. Собственная емкость сглаживающих дросселей роли не играет, так как частота тока в них очень мала (50—100 *гц*).

Междуламповый или выходной низкочастотный дроссель наряду с большой индуктивностью должен обладать малой собственной емкостью. Для этого его надо наматывать аккуратно, виток к витку, с частыми прокладками из конденсаторной бумаги между рядами обмотки.

Трансформаторы со стальным сердечником. Силовые трансформаторы должны иметь обмотки, рассчитанные на необходимые напряжения и токи. Между обмотками не должно наблюдаться заметных утечек и изоляция должна выдерживать относительно сердечника напряжение не ниже 1,5—2 *кв*, а в специальных высоковольтных трансформаторах для питания электронно-лучевых трубок — до 10—25 *кв*.

Для защиты от проникновения высокочастотных помех из электросети в приемник силовые трансформаторы часто снабжаются так называемой экранирующей обмоткой, отделяющей вторичные обмотки от первичной. Экранирующая обмотка состоит из слоя проволоки или незамкнутого слоя металлической фольги, один вывод которой заземляется. Иногда такими же защитными обмотками снабжаются и выходные трансформаторы.

У междуламповых, выходных, трансляционных и прочих низкочастотных трансформаторов, работающих в цепях токов звуковой частоты, наряду с достаточной индуктивностью обмоток большую роль играет коэффициент трансформации, который особенно точно должен соблюдаться у выходных и трансляционных трансформаторов.

Диаметр провода обмоток, нагруженных большим током, должен выбираться не только в соответствии с величиной тока, но и с учетом допустимого падения напряжения на них. Так, например, вторичная обмотка входного трансформатора для двухтактного каскада, работающего в режиме класса В, могли бы выполняться проводом 0,1—0,12 *мм*, так как ток в ней обычно равен 15—20 *ма*. Однако, имея большое число витков, она может при этом обладать сопротивлением в несколько сотен ом, и тогда падение напряжения в ней может достигать 10 *в* и более. Поэтому в указанных трансформаторах вторичные обмотки наматывают и более толстым проводом (0,15—0,25 *мм*), чем это требуется для обеспечения нормальной нагрузки провода током.

Низкочастотные трансформаторы, у которых одна из обмоток включена в анодную цепь лампы (особенно в оконечную), довольно часто имеют зазор в стальном сердечнике. У выходных трансформаторов двухтактных усилителей зазор не нужен, потому что направления анодного тока от средней точки первичной обмотки к анодам ламп в обеих половинах ее противоположны, вследствие чего сталь не намагничивается.

Обмотки высококачественных трансформаторов низкой частоты с малой собственной емкостью наматывают в виде отдельных симметрично располагаемых секций. В особо ответственных случаях: в измерительной аппаратуре, для высоковольтных и импульсных генераторов, особенно при повышенной (до 10—20 *кгц*) частоте, секционированные обмотки устраивают с воздушными промежутками.

Выбор стали для низкочастотных индуктивностей. В зависимости от того, нужен ли зазор в сердечнике изготовляемого трансформатора или дросселя или нет, применяются либо разъемные, либо неразъемные пластины. Замкнутые сердечники можно собрать и из разъемных пластин; для этого при сборке сердечника нужно менять направление их укладки (рис. 17). Но неразъемные пластины не годятся для сборки сердечников с зазором. Тип пластин нужно выбирать так, чтобы в окне сердечника свободно уместились все обмотки. В табл. 3 указано, сколько витков провода различного диаметра укладывается в сечении 1 *см*². При этом из площади окна надо вычесть сечение стенок каркаса катушки и учесть прокладки между слоями и обмотками.

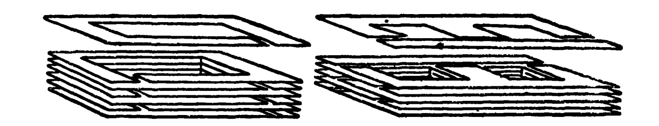


Рис. 17. Сборка сердечников без зазора

Кроме того, пластины надо выбрать так, чтобы при необходимом сечении сердечника соотношение между толщиной и шириной центрального его стержня, на который помещают обмотки, не выходило за пределы 1 · 3.

Толщина одной пластины может быть 0,5 *мм*; у выходных трансформаторов и дросселей, работающих на звуковых частотах, желательно применять более тонкую сталь (0,2—0,35 *мм*).

Перед сборкой сердечника надо проверить целость серого оксидного покрытия или слоя краски на одной стороне поверхности всех пластин и отсутствие царапин на них. Пластины с поврежденным оксидным слоем надо или заменить, или покрыть с одной стороны тонким слоем масляного лака или нитролака (можно также оклеивать их с одной стороны конденсаторной бумагой). При сборке сердечников надо следить за тем, чтобы изоляционный слой на поверхности пластин не повреждался

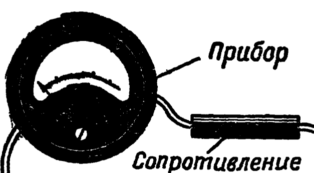
Выбор материала пластин следует производить с учетом сведений о магнитномягких материалах.

Таблица 3

Число витков на 1 *см*² сечения плотной намотки

мм	ПЭ	ПШО	ПБО	ПБД
0,05	18 000	10 000	—	—
0,07	10 000	6 800	—	—
0,1	5 700	4 250	2 070	—
0,12	4 000	3 320	1 720	—
0,15	2 800	2 400	1 360	—
0,18	2 070	1 800	1 100	—
0,2	1 720	1 530	940	665
0,25	1 140	1 020	700	515
0,3	810	740	540	413
0,4	470	450	325	245
0,5	308	302	231	182
0,6	217	217	172	134
0,8	125	128	108	88
1,0	83	85	73	62
1,2	58	59	53	46
1,4	44	45	41	36

ПРОБНИК И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ



Прибор

Сопротивление

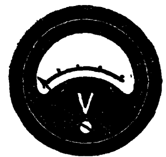
В радиолюбительской практике **пробником** называется цепь, составленная из **измерительного прибора, источника тока и сопротивления**

Источник тока

Металлические наконечники

Изолятор

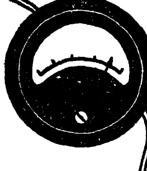
Провод



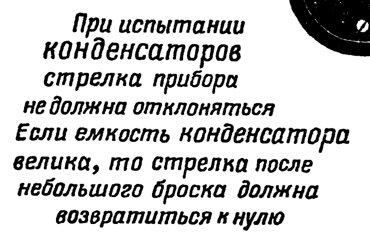


Прибором может служить любой **вольтметр** со шкалой до 4–5в или **миллиамперметр** со шкалой до 10–15ма

Источник тока и сопротивление подбираются так, чтобы при замыкании цепи пробника накоротко стрелка прибора отклонилась до конца шкалы

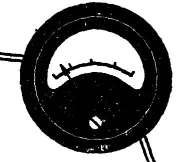


При испытании **катушки** стрелка прибора должна отклониться почти до конца шкалы



При испытании **конденсаторов** стрелка прибора не должна отклоняться. Если емкость **конденсатора** велика, то стрелка после небольшого броска должна возвратиться к нулю

При испытании обмоток **трансформаторов** и **дросселей** низкой частоты стрелка прибора устанавливается между нулем и концом шкалы



При проверке отсутствия замыкания между **обмотками** или между **обмоткой** и **сердечником** трансформатора стрелка прибора не должна отклоняться

При испытании **высокоомных сопротивлений** стрелка прибора совсем не должна отклоняться, при испытании **низкоомных сопротивлений** должна отклониться на несколько делений

НАМОТКА КАТУШЕК

Намоточные станки. Намотку катушек удобно производить на специально предназначенных для этого намоточных станках, которые зачастую бывают автоматическими (по достижении заданного числа витков они сами выключаются). Но в распоряжении радиомастерской такие станки бывают не всегда.

Простой станочек, который нетрудно изготовить своими силами, представлен на рис. 18.

В состав любого приспособления для намотки катушек прежде всего входит вал, снабженный винтовой резьбой, на котором закрепляется каркас наматываемой катушки. Этот вал приводится во вращение либо вручную с помощью надетой на нем рукоятки, либо электродвигателем мощностью 25—150 *вт*. В последнем случае в устройство станочка вводится переменная трансмиссия или в крайнем случае реостат для регулирования скорости вращения вала. К валу присоединяется механический счетчик числа оборотов, в качестве которого в самодельных станочках можно приспособить счетчик автомобильного спидометра. Наличие счетчика уменьшает возможность ошибки в подсчете числа намотанных витков и позволяет намотчику сконцентрировать все внимание на качестве укладки витков. Кроме того, в зависимости от типа намотки (рядовая или «универсаль») станочек может быть снабжен тем или иным приспособлением для смещения подаваемого провода вдоль оси вала. Впрочем, такими приспособлениями снабжаются далеко не все станочки, так что часто укладку провода на каркас приходится производить вручную. Необходимой частью намоточного станка является также стержень, на который надевается катушка со сматываемым проводом.

Катушки и обмотки из толстой проволоки наматывают вручную, так как здесь необходимо тщательно следить за укладкой каждой четверти витка, и если только каркас не круглый, то из-за значительной жесткости и упругости толстого провода станочная намотка получается неплотной.

Катушки небольших размеров можно наматывать при помощи ручной дрели, зажатой в настольные тиски (рис. 19).

Катушки низкочастотных трансформаторов и дросселей обычно наматываются на прямоугольных каркасах. Внешние размеры каркаса должны быть на 0,5—1 *мм* меньше соответствующих размеров окна в пластинах сердечника. В случае неразъемных пластин осевая длина каркаса должна быть уменьшена на 2—3 *мм* (рис. 20), так как иначе сборка сердечника будет невозможна.

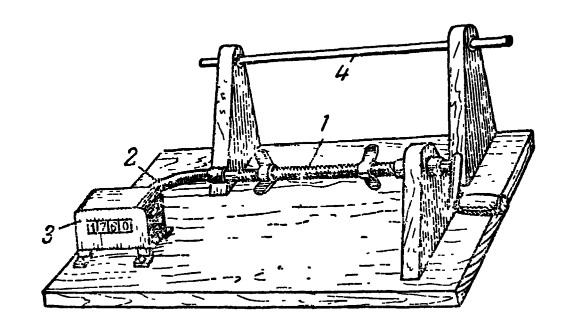


Рис. 18. Станок для намотки катушек вручную.
1—вал с винтовой резьбой и гайками; *2*—гибкий вал (тросик, пружинка); *3*—счетчик оборотов; *4*—стержень для катушек со сматываемым проводом.

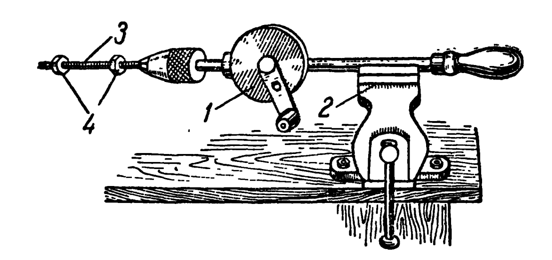


Рис. 19. Намоточное приспособление из дрели.
1—дрель; *2*—тиски; *3*—прут; *4*—гайки.

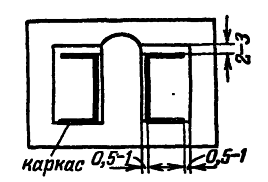


Рис. 20. Определение размеров каркаса для неразъемных пластин.

Каркасы изготовляют из электрокартона или тонкого гетинакса, текстолита. Картонные каркасы (рис. 21) склеиваются конторским или столярным клеем, а гетинаксовые и текстолитовые собираются «в замок» (рис. 22).

Для укрепления каркаса на валу намоточного станка изготовляется деревянная болванка, на которую насаживается каркас.

Витки, особенно у выходных трансформаторов, надо располагать ровными рядами, как витки на катушке. Для предотвращения западания витков из верхних слоев в нижние, что может привести к пробою трансформатора, через каждые три-четыре слоя обмотки прокладывается слой тонкой пропарафинированной бумаги (можно из бумажного конденсатора). Между обмотками устраивается такая же прокладка из лакоткани. Чтобы у стенок каркаса не образовалось щелей, через которые проволока могла бы попасть в другие

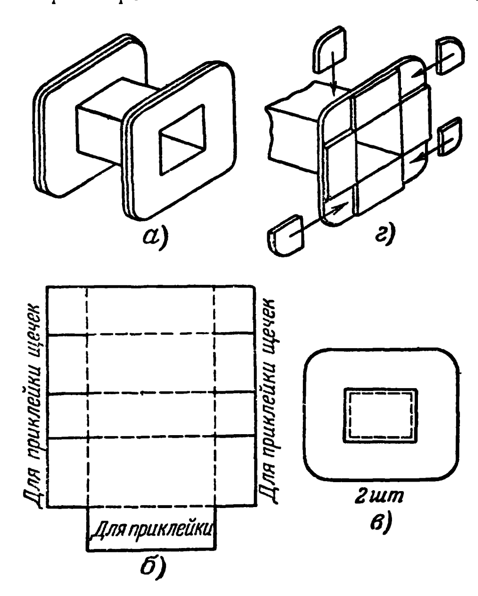


Рис. 21. Заготовка и сборка каркасов из электрокартона.

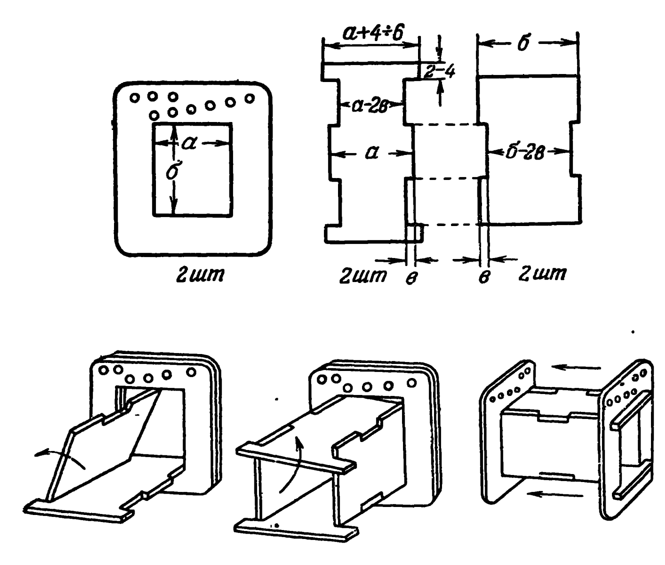


Рис. 22. Детали каркаса из гетинакса (текстолита) и порядок сборки „в замок".

Размеры: *а* — ширина пластины сердечника плюс зазор и удвоенная толщина материала каркаса; *б* — толщина набора пластин сердечника плюс зазор и удвоенная толщина материала каркаса; *в* — толщина материала каркаса.

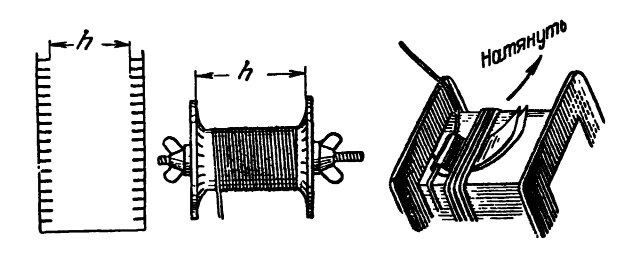


Рис. 23. Прокладки между слоями обмоток.

Рис. 24. Способ крепления крайнего витка обмотки.

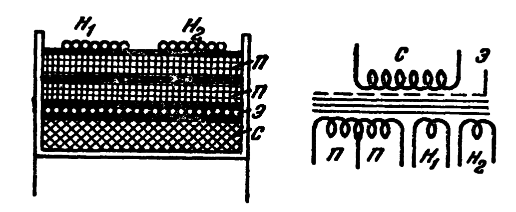


Рис. 25. Расположение обмоток силового трансформатора.

С — сетевая обмотка; *П* — повышающие обмотки; $Н_1$ и $Н_2$ — накальные обмотки; *Э* — экранная обмотка.

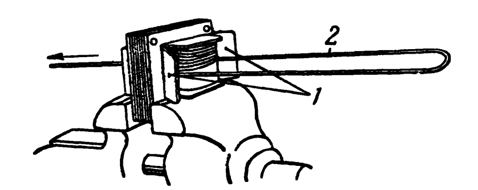


Рис. 26. Намотка без разборки сердечника

1 — картон; *2* — проволока.

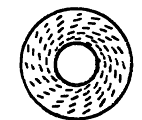



Рис. 27. Намотка типа „универсаль".

слои, прокладки берут большей ширины, чем ширина каркаса, а по краям их надрезают (рис. 23). Намотки навалом безусловно следует избегать: она допустима лишь в дросселях для сглаживающих фильтров выпрямителей, и то не всегда.

Концы обмоток надо обвязывать суровой ниткой, которую затем навивают на катушку и завязывают узлом. Применяют также закрепление концов обмоток с помощью полосок из лакоткани, прижимаемых соседними витками (рис. 24).

В случае обрыва проволоки в процессе намотки ее надо аккуратно надпаять без лишнего количества олова, но достаточно прочно и надежно в электрическом отношении и место пайки изолировать небольшими кусочками конденсаторной бумаги, которую прижимают следующими витками.

Катушки силовых трансформаторов наматываются так же, как и катушки низкочастотных трансформаторов, но поскольку силовые трансформаторы работают обычно при высоких напряжениях и обладают большой мощностью, намотку их надо производить особенно тщательно, чтобы она не пробилась при включении. Для этого применяется повышенная изоляция между слоями: в трансформаторах мощностью до 60—70 *вт* прокладки устраивают не реже чем через два слоя, а при большей мощности — через каждый слой намотки. Намотка должна производиться равномерными рядами. Между отдельными обмотками прокладывается два-четыре слоя шелковой лакоткани (в зависимости от ее толщины). Погрешности в числе витков у высоковольтных обмоток не должны превышать 2—3, а у накальных — 0,5 витка. Расположение обмоток силового трансформатора показано на рис. 25.

Для повышения влагостойкости изоляции каркас с обмотками полезно пропитать битумом или битумным компаундом, окуная каркас в расплавленную массу этих веществ.

Иногда бывает необходимо снять, домотать или перемотать небольшое число витков (особенно накальные обмотки у силовых трансформаторов и вторичные — у выходных). В этих случаях можно обойтись без разборки сердечника. Достаточно защитить обращенные к обмоткам ребра сердечника кусками картона (рис. 26), отрезать необходимой длины кусок провода и, зажав трансформатор в тисках, протягивать провод через зазоры между катушкой и защищенным картоном сердечником.

Намотка типа «универсаль» (рис. 27) осуществляется с помощью станочков, снабженных специальным приспособлением для периодического смещения вдоль оси вала (рис. 28) подаваемой для намотки проволоки. Чтобы укладываемая по зигзагообразной линии проволока не сбивалась, ее обычно пропускают во время намотки через ватку, смоченную разведенным на спирте шеллаком. Тогда при укладывании витки сразу же приклеиваются друг к другу и катушка приобретает достаточную прочность. При наличии должной тренировки намотку типа «универсаль» удается выполнять и вручную, без помощи станка (рис. 29).

В заключение отметим, что катушки с обычной намоткой рядами при отсутствии намоточного станка

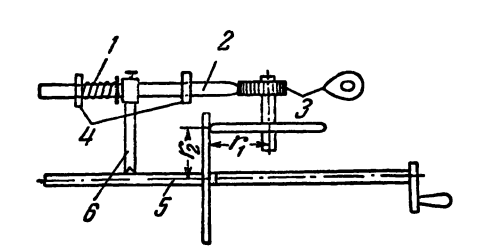


Рис. 28. Схема станка для намотки катушек типа „универсаль".

1 — пружина; *2* — толкатель; *3* — кулачок; *4* — стойка; *5* — главный вал; *6* — поводок для укладки провода; r_1 больше r_2 на 2—3 *мм*

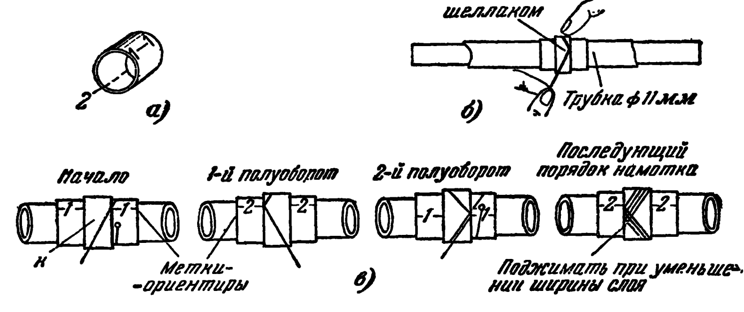


Рис. 29. Намотка катушки типа „универсаль" вручную.

а — нанесение двух отметок-ориентиров; *б* — закрепления витков; *в* — схема намотки (*к* — бумажное кольцо).

можно наматывать на медленно вращающемся токарном станке, для чего с его шпинделем сочленяют счетчик оборотов, а в патрон зажимают вал для крепления каркасов катушек.

Добавочные сопротивления удобно наматывать внавал с помощью зажатой в настольных тисках малой ручной дрели, в патрон которой вставляется болт, пропущенный через каркас сопротивления.

МАЛОГАБАРИТНЫЕ КАТУШКИ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ СЕРДЕЧНИКАМИ ИЗ КАРБОНИЛЬНОГО ЖЕЛЕЗА[1]

Цилиндрические сердечники из карбонильного железа могут быть без нарезки или с нарезкой. Сердечники без нарезки часто имеют нарезную латунную шпильку, при помощи которой производится перемещение сердечников внутри каркаса катушки. В описываемых ниже катушках можно применить сердечники диаметром 7, 8 или 9 *мм* и длиной от 10 до 20 *мм*

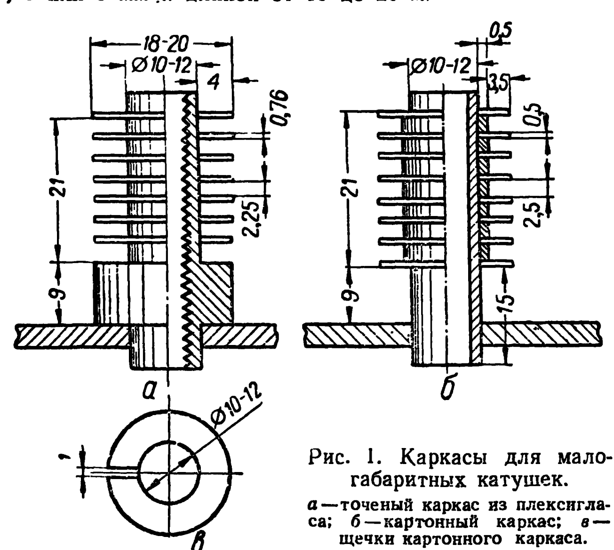


Рис. 1. Каркасы для малогабаритных катушек.

а — точеный каркас из плексигласа; *б* — картонный каркас; *в* — щечки картонного каркаса.

Каркас для катушек (рис. 1) склеивают из плотной бумаги с таким расчетом, чтобы его внутренний диаметр был на 0,5 *мм* больше диаметра сердечника. Толщина стенок каркаса 1—1,25 *мм*. Таким образом, наружный диаметр каркаса должен быть не больше 12 и не меньше 10 *мм*. Тогда для однотипных катушек, намотанных на такие каркасы, можно принять одно и то же число витков.

[1] Ю. И. Фелистак, Простые самодельные радиодетали (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

Катушки средневолнового и длинноволнового диапазонов имеют секционированную намотку внавал между щечками. Расстояние между щечками 2,5 *мм*, толщина щечек 0,5 *мм*.

Число секций зависит от назначения катушки. Между антенными катушками и катушками входного контура оставляют свободную секцию. В детекторном контуре приемника прямого усиления свободную секцию оставляют между контурной катушкой и катушкой обратной связи.

Секционированные каркасы можно выточить из плексигласа (рис. 1,*а*). Внутри каркаса обычным способом делают нарезку для сердечника. Так как изготовление точеных каркасов связано с определенными трудностями и требует большого навыка, в дальнейшем мы ориентируемся главным образом на самодельные картонные каркасы (рис. 1,*б*).

Каркас с катушкой вклеивается в крепежную плату, вырезанную из гетинакса или органического стекла толщиной 2 *мм*, а плата крепится к шасси на поддерживающих трубках.

Расстояние между катушками одного и того же контура, укрепленными на общей плате, может быть 15—20 *мм*.

Катушки разных контуров надо располагать возможно дальше одну от другой, а еще лучше экранировать одну от другой металлической перегородкой.

Сердечник с нарезкой крепится в картонном каркасе нитками. В каркасе (рис. 2,*а*) пропиливают лобзиком прямоугольные окна. Затем на каркас плотно наматывают толстую нитку так ,чтобы ее витки заполнили пропиленные окна. Концы нитки туго завязываются. Если теперь между витками ниток «ввернуть» сердечник, то он пойдет по ним как по нарезке. Вращая сердечник, можно менять индуктивность катушки.

При креплении сердечников с латунной шпилькой (рис. 2,*б*) на расстоянии 10 *мм* от крепежной платы на поддерживающих трубках укрепляется металлическая планка шириной 10 *мм*, в которой имеются отверстия с нарезкой М4 под латунные шпильки сердечников.

Отверстия для каркасов катушек в крепежной плате и для шпилек сердечников в металлической планке

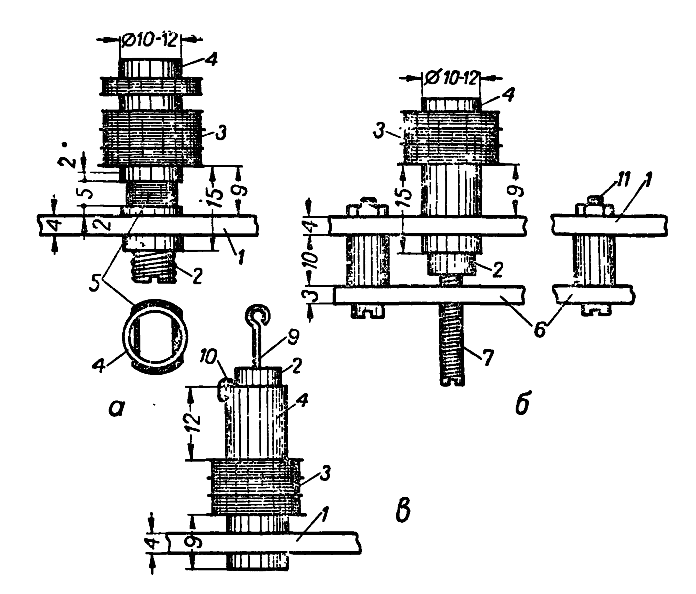


Рис. 2. Крепление сердечников.

а — крепление сердечников СЦР с нарезкой; *б* — крепление сердечников СЦШ со шпилькой; *в* — крепление гладких сердечников СЦГ и СЦТ; *1* — крепежная плата; *2* — сердечник; *3* — катушка; *4* — каркас; *5* — нитки; *6* — металлическая планка; *7* — шпилька с нарезкой; *8* — поддерживающая трубка; *9* — самодельная шпилька; *10* — прокладка; *11* — стягивающий винт.

должны быть соосными, как и отверстия для крепежных винтов. Поэтому плату и планку лучше сверлить одновременно, сложив вместе. После сверловки отверстия в крепежной плате дополнительно рассверливают для крепления каркасов катушек. В отверстиях металлической планки нарезают резьбу для шпилек сердечников. Если нарезать резьбу нет возможности, то к металлической планке можно припаять гайки.

В том случае, когда на крепежной плате располагается несколько катушек на небольшом расстоянии друг от друга (катушки одного и того же контура), для них целесообразно делать общую металлическую планку с соответственным числом отверстий для шпилек.

Возможен еще один способ крепления гладких сердечников. В каркас катушки плотно вставляется сердечник и удерживается там силой трения. Внутренний диаметр каркаса в этом случае практически должен быть равен диаметру сердечника. Чтобы избежать возможного перемещения сердечника в каркасе, на внутреннюю поверхность каркаса придется наклеить полоску тонкого сукна (рис. 2,*в*). При таком способе крепления желательно, чтобы сердечник имел шпильку, хотя бы самодельную из медного провода диаметром 1—2 *мм*.

Самодельную шпильку можно вклеить в сердечник клеем БФ, предварительно просверлив в сердечнике отверстие соответствующего диаметра, или вставить в нагретом состоянии. Найденное в процессе настройки катушки положение сердечника фиксируется с помощью лака, клея или парафина.

До сих пор мы говорили об устройстве катушек длинноволнового и средневолнового диапазона. Теперь перейдем к катушкам коротковолнового диапазона.

Если на средних и длинных волнах применение магнитодиэлектрика резко повышает качество (добротность) катушки, то на коротких волнах не происходит заметного увеличения добротности. Часто коротковолновую катушку выполняют вообще без подстроечного сердечника, однако диаметр катушки при этом несколько увеличивают. Можно, например, в комплекте катушек с магнитодиэлектриком коротковолновые катушки выполнить на трубках из хорошего изолятора диаметром 18—20 *мм*. Такая конструкция коротковолновых катушек показана на рис 3,*б* и *г*.

Если применение магнитодиэлектрика в коротковолновых катушках необходимо, например для точной подгонки диапазона, то сердечник можно укрепить в удлиненном конце каркаса катушки так, как показано на рис. 3,*д* и *е*.

Вспомогательную трубку вклеивают в каркас катушки следующим образом. На конец трубки наматывают несколько слоев смазанной клеем бумажной полоски шириной 8 *мм*, с тем чтобы наружный диаметр образовавшегося на трубке бумажного кольца получился равным внутреннему диаметру каркаса катушки. После этого кольцо вместе с трубкой вклеивается в нижнюю часть каркаса. Торцовую часть каркаса и кольца после высыхания клея зачищают шкуркой, пропитывают парафином и покрывают спиртовым лаком.

На рис. 3,*а* и *в* показана более простая конструкция коротковолновых катушек $L_{к1}$ и $L_{г.к1}$[1], намотанных на каркасах диаметром 10—12 *мм*. Катушки наматываются в один слой с принудительным шагом так, чтобы заданное число витков равномерно разместилось на указанном расстоянии. Антенную катушку $L_{а.к1}$ можно намотать поверх контурной на бумажном кольце шириной 6—8 *мм*. Магнитодиэлектрик в таких катушках укрепляют любым из описанных выше способов (см. рис. 2).

На рис. 4,*в* и *г* показан блок катушек для супергетеродинного приемника с коротковолновыми катушками, намотанными на электротехнических фарфоровых трубках. О способах крепления сердечников говорилось ранее; заметим только, что сердечники можно крепить не только со стороны крепежной платы, но и с верхней стороны катушек. В последнем случае верхний конец катушки удлиняют, а нижний, если непосредственно за крепежной платой не располагается металлический экран, укорачивают.

На рис. 4,*а* показан детекторный контур приемника прямого усиления, а на рис. 4,*б* — соответствующий ему входной контур.

На рис. 4,*д* дана конструкция трансформатора промежуточной частоты на 465 *кгц*. Горизонтальное расположение крепежной платы способствует простоте крепле-

---

[1] В этой и двух дальнейших статьях приняты такие обозначения:

$L_к$ — контурная катушка коротковолнового диапазона
$L_с$ — контурная катушка средневолнового диапазона
$L_д$ — контурная катушка длинноволнового диапазона
$L_{а.к}$ — катушка связи с антенною КВ диапазона
$L_{а.с}$ — катушка связи с антенною средних волн
$L_{а.д}$ — катушка связи с антенною длинных волн
$L_{о.к}$ — катушки обратной связи КВ диапазона
$L_{о.с}$ — катушки обратной связи диапазона средних волн
$L_{о.д}$ — катушки обратной связи диапазона длинных волн
$L_{г.к}$ — катушка гетеродинного контура КВ диапазона
$L_{г.с}$ — катушка гетеродинного контура диапазона средних волн
$L_{г.д}$ — катушка гетеродинного контура диапазона длинных волн
$L_п$ — катушка контура промежуточной частоты
$C_п$ — конденсатор в контуре промежуточной частоты.

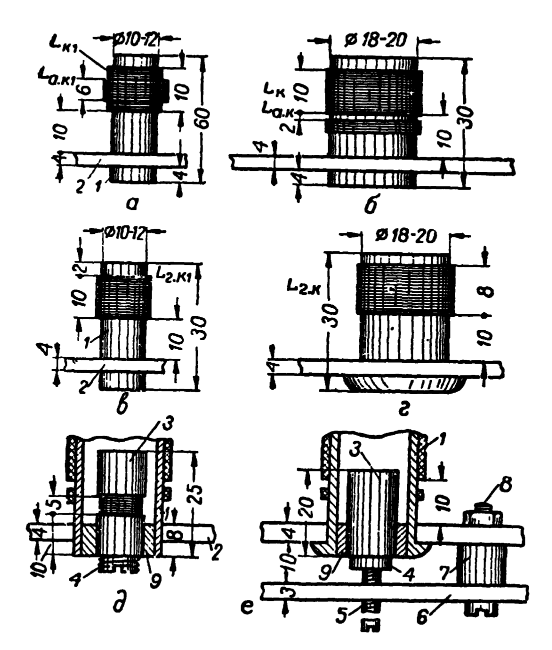


Рис. 3. Конструкция коротковолновых катушек.

а — малогабаритная катушка входного контура; *б* — катушка входного контура, намотанная на отрезке охотничьей гильзы; *в* — малогабаритная катушка гетеродинного контура; *г* — катушка гетеродинного контура, намотанная на фарфоровой трубке; *д* — крепление сердечника СЦР с нарезкой; *е* — крепление сердечника СЦШ со шпилькой.

1 — каркас; *2* — крепежная плата; *3* — вспомогательная трубка; *4* — сердечник; *5* — шпилька; *6* — металлическая планка; *7* — поддерживающая трубка; *8* — стягивающий винт; *9* — бумажное кольцо.

ния и легкости подстройки трансформатора. Если предполагается применить сердечники со шпилькой вместо предусмотренных на рисунке сердечников с нарезкой, то

Таблица 1

Малогабаритные катушки с карбонильными сердечниками

Назначение катушки	Число витков	Марка и диаметр провода, *мм*			Примечание
		ПЭЛШО ПЭШО	ПЭВ ПЭЛ	ЛЭШО	
$L_д$	3×150	0,12	0,15	—	
$L_с$	3×40	0,23	0,27	7×0,07	
$L_{к1}$	13	—	0,6	—	
$L_{а.д}$	3×350	—	0,1	—	
$L_{а.с}$	350	—	0,1	—	
$L_{а.к1}$	20	0,12	0,15	—	
$L_{г.д}$	3×60	0,23	0,27	7×0,07	Отвод от 20-го витка
$L_{г.с}$	2×45	0,23	0,27	7×0,07	Отвод от 15-го витка
$L_{г.к1}$	12	—	0,6	—	Отвод от 4-го витка
$L_п$	3×100	0,12	0,15	—	$C_п$= 120 *пф*
$L_п$	3×75	0,15	0,18	—	$C_п$= 200 *пф*
$L_п$	3×50	0,23	0,27	7×0,07	$C_п$= 500 *пф*.

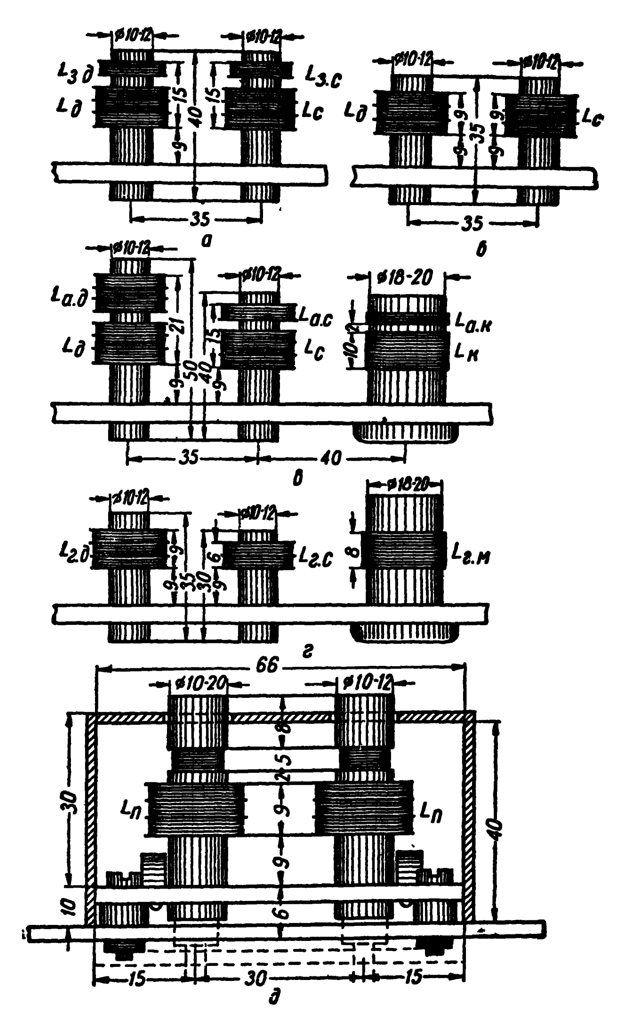


Рис. 4. Катушки с цилиндрическими сердечниками из карбонильного железа.

а — катушки детекторного контура приемника прямого усиления; *б* — катушки входного контура приемника 1-V-1; *в* — катушки входного контура супергетеродинного приемника; *г* — катушки гетеродинного контура; *д* — трансформатор промежуточной частоты.

укреплять сердечники целесообразнее не сверху, а снизу и металлическую планку для крепления шпилек располагать под панелью шасси, использовав винты крепления платы катушек. Экран к трансформатору делают в виде прямоугольной коробки с внутренними размерами 30×60 *мм* (по размерам крепежной платы) и высотой 40 *мм*.

Данные о рассмотренных выше катушках, намотанных на каркасы диаметром 10—12 *мм* с цилиндрическими сердечниками, приведены в табл. 1.

Кроме описанных выше катушек с секционированной намоткой внавал, существуют малогабаритные катушки с так называемой намоткой «универсаль».

Катушки «универсаль» наматывают с помощью специальных станков на гладкие цилиндрические каркасы без щечек. Наматывать такие катушки вручную нецелесообразно, так как это весьма трудно, а качество их не лучше качества подобных же катушек, намотанных внавал на секционированных каркасах. В связи с тем, что катушки типа «универсаль» постепенно теряют свое значение, подробного описания их не дается.

МАЛОГАБАРИТНЫЕ КАТУШКИ С БРОНЕВЫМИ СЕРДЕЧНИКАМИ

В последнее время в любительских конструкциях стали применять катушки индуктивности в броневых сердечниках (табл. 2). Такие катушки по сравнению с описанными выше имеют неоспоримые преимущества: их качество (добротность) выше, а габариты меньше.

Таблица 2

Малогабаритные катушки с броневыми сердечниками

Назначение катушки	Число витков	Марка и диаметр провода, *мм*		Примечание
		ПЭВ ПЭЛ	ПЭШО ПЭЛШО	
$L_д$	3×100	0,12	—	
$L_с$	3×27	0,12—0,2	0,12	
$L_{а.д}$	600	0,12	—	
$L_{а.с}$	300	0,12—0,15	0,12	
$L_{г.д}$	3×40	0,12—0,18	0,1	Отвод от 1-го витка
$L_{г.с}$	3×20	0,12—0,2	0,12—0,15	Отвод от 8-го витка
$L_п$	3×70	0,12—0,15	—	$C_п$= 120 *пф*
$L_п$	3×55	0,12—0,18	—	$C_п$= 200 *пф*
$L_п$	3×35	0,12—0,18	0,1	$C_п$= 500 *пф*

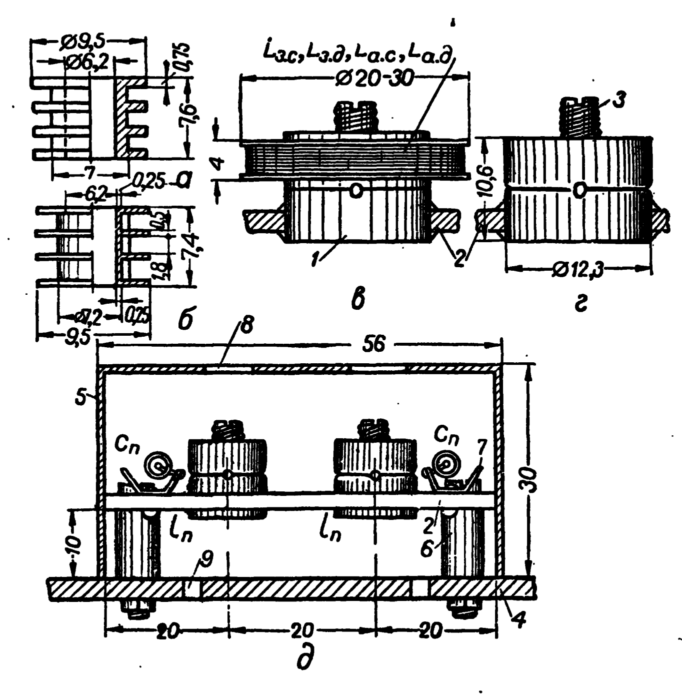


Рис. 5. Катушки в броневых сердечниках.

а — каркас из полистирола или плексигласа; *б* — каркас из картона или целлулоида; *в* и *г* — катушки в броневых сердечниках; *д* — трансформатор промежуточной частоты.

1 — катушка в броневом сердечнике; *2* — крепежная плата; *3* — подстроечный винт; *4* — шасси; *5* — экран; *6* — поддерживающие трубки; *7* — контактные лепестки; *8* — отверстия для подстройки; *9* — отверстия в шасси для токонесущих проводов.

Броневые сердечники выпускаются нескольких типов, но устройство их примерно одинаково. Сердечники состоят из двух половинок чашеобразной формы, между которыми помещается трехсекционный каркас с намоткой. В верхней половине сердечника имеется нарезка для подстроечного винта, с помощью которого можно изменять индуктивность катушки на 10—15%. Выводные концы катушки пропускают в специальные прорези, и обе половины сердечника склеивают.

Применять катушки с броневыми сердечниками можно в контурах средневолнового и длинноволнового диапазонов и в трансформаторах промежуточной частоты. При наличии сердечника и готового каркаса изготовление катушки никаких трудностей не представляет и сводится к намотке на каркас нужного числа витков и к креплению броневого сердечника.

Броневые сердечники и подстроечные винты к ним изготовляют из карбонильного железа. Существует два вида карбонильного железа: восстановленное, которое дает бóльшую индуктивность катушки при том же числе витков, но может применяться на частотах не выше 200 *кгц*, и радиочастотное, которое может применяться на более высоких частотах, в том числе и на коротких волнах. Отличить один вид карбонильного железа от другого можно по характерному металлическому блеску восстановленного железа и по матовому, серому или серо-бурому цвету радиочастотного.

На рис. 5,*г* изображен наиболее распространенный в радиолюбительской практике сердечник типа СБ-1а, а на рис. 5,*а* — прилагаемый к нему полистироловый каркас. При отсутствии готового каркаса его можно выточить из плексигласа, а в крайнем случае склеить из плотной бумаги или тонкого целлулоида (рис. 5,*б*). Намотка производится внавал между щечками каркаса.

Полностью собранный броневой сердечник приклеивают к плате из гетинакса или плексигласа. Чтобы надежнее укрепить сердечник в плате, следует вырезать отверстие по наружному диаметру броневого сердечника и его нижнюю чашу туго, на клею, вставить в отверстие так, чтобы выступивший с обеих сторон платы клей образовал небольшие бортики, препятствующие смещению сердечника.

Описанную конструкцию имеют катушки входных контуров приемника прямого усиления, катушки гетеродинных контуров супергетеродина (рис. 5,*г*) и катушки контуров промежуточной частоты (рис. 5,*д*).

Катушки входного контура супергетеродина и детекторного контура приемника прямого усиления устроены несколько иначе. В этих контурах имеются катушки связи, которые нельзя располагать на одном каркасе с контурной катушкой внутри сердечника, так как при таком расположении связь получилась бы чрезмерно сильной и был бы крайне затруднен подбор витков катушки обратной связи в приемнике прямого усиления. Поэтому антенные катушки и катушки обратной связи в этих контурах наматывают внавал между двумя щечками поверх броневого сердечника. Щечки приклеивают непосредственно к верхней чаше сердечника и к намотанному на нее бумажному кольцу, т. е. так же, как на обычный картонный каркас. Нижнюю чашу сердечника, как и в предыдущем случае, вклеивают в крепежную плату.

Подстроечный винт можно располагать как в нижней, так и в верхней части крепежной платы, но при этом, разумеется, броневой сердечник надо вклеить в крепежную плату соответствующей чашей.

МИНИАТЮРНЫЕ КАТУШКИ С ФЕРРИТОВЫМИ СЕРДЕЧНИКАМИ

Радиотехническая промышленность выпускает миниатюрные катушки с ферритовыми сердечниками, намотанные на секционированные каркасы (рис. 6) для приемников с переключателями клавишного типа.

Каркас для контуров промежуточной частоты (рис. 6,*а*) сверху и снизу имеет ферритовые кольца, увеличивающие индуктивность катушки, причем одно из колец (на рисунке — верхнее) запрессовано в тело самого каркаса. Внутри верхней части каркаса имеется нарезка М5×0,5 для подстроечного сердечника, который показан на рис. 6,*е*. Стержень сердечника для катушек коротковолнового диапазона изготовляют из феррита марки Ф-100, а для остальных катушек — из феррита марки Ф-600. Чтобы отличить сердечники друг от друга, на них обычно ставят цветные метки. Полистироловая головка всех сердечников имеет нарезку М5×0,5 и шлиц под отвертку.

Кольца к каркасу (рис. 6,*г*) делают из феррита марки Ф-600. Каркасы с такими кольцами могут работать на частотах до 1 600 *кгц*. Для более высоких часот выпускают каркасы с кольцами из феррита марки Ф-100. В отличие от обычных они имеют не две, а три более узкие секции и могут применяться на частотах до 12 *Мгц*.

Для крепления катушек в крепежной плате вырезают фигурные отверстия, соответствующие по форме нижней (а у каркаса, приведенного на рис. 6,*г* — верхней) части каркаса. Каркас на клею вставляют в это отверстие и немного поворачивают по часовой стрелке. Каркас при этом прочно заклинивается в отверстии платы. Если вырезать фигурное отверстие в крепежной плате трудно, то можно спилить спиральный прилив на конце каркаса и укрепить катушки в круглом отверстии. В тех случаях, когда верхняя часть каркаса не используется для катушек связи, каркас можно вклеивать в крепежную плату верхним гладким цилиндрическим концом. В этом случае в плате также достаточно просверлить круглое отверстие.

Все миниатюрные катушки, за исключением катушек коротковолнового диапазона, намотаны внавал. Каждую катушку вместе с катушкой связи наматывают на отдельном каркасе. На рис. 6,*ж* показаны катушки входного контура приемника прямого усиления $L_с$ и $L_д$. Обмотка каждой катушки равномерно занимает все четыре секции каркаса. В катушках детекторного контура такого приемника имеется обмотка обратной связи, намотанная внавал без щечек на верхней части каркаса (рис. 6,*з*).

Катушки $L_с$ и $L_д$ входного контура супергетеродинного приемника намотаны на каркасе *в* так же, как контурные катушки приемника прямого усиления, а соответствующие им антенные катушки $L_{а.с}$ и $L_{а.д}$ наматывают на специальных полистироловых шпульках *д*, которые надевают на верхнюю часть каркаса *в* и приклеивают к нему клеем БФ (рис. 6,*и*).

Антенную катушку коротковолнового диапазона входного контура наматывают в один слой витком к витку на верхней части каркаса *а* (рис. 6,*м*).

Катушки коротковолнового диапазона как входного контура, так и контура гетеродина наматывают в один слой виток к витку между приливами, имеющимися на каркасе. В отверстиях этих приливов закрепляют концы катушек (рис. 6,*л* и *м*).

Гетеродинные катушки $L_{г.с}$ и $L_{г.д}$ занимают на каркасе *в* три нижние секции (рис. 6,*к*). В контуре гетеродина, собранного по трехточечной схеме, верхнюю секцию каркаса оставляют свободной, а в контуре гетеродина с индуктивной обратной связью — заполняют

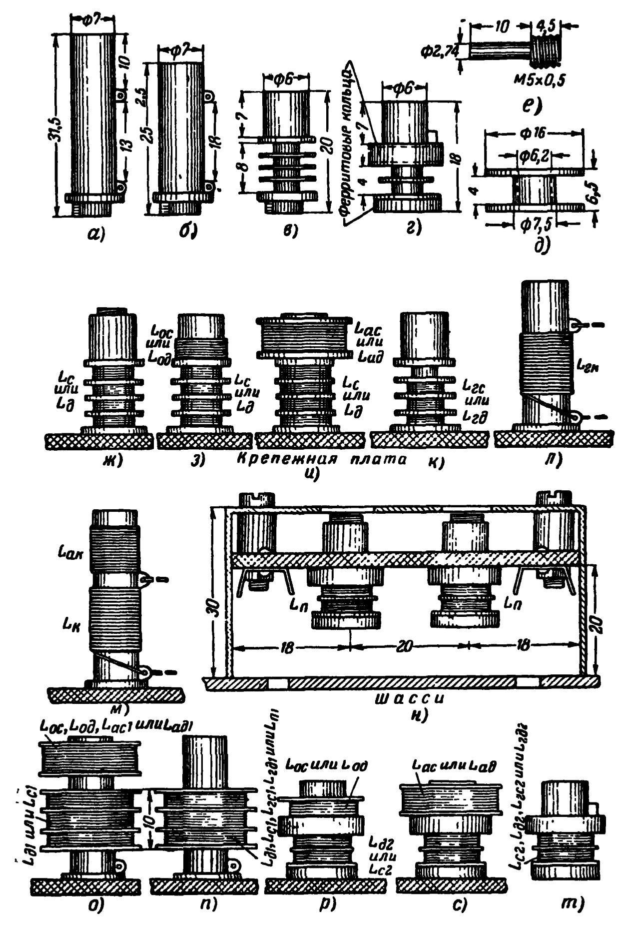


Рис. 6. Миниатюрные катушки с ферритовыми сердечниками.

а и *б* — каркасы для катушек коротковолнового диапазона; *в* — каркас для катушек средне- и длинноволнового диапазонов; *г* — каркас для контура промежуточной частоты; *д* — секция для намотки антенных катушек связи; *е* — ферритовый сердечник; *ж, з, и, к, л, м* — типовая намотка катушек; *н* — трансформатор промежуточной частоты; *о, п, р, с, т* — нетиповая намотка катушек.

обмоткой обратной связи. Соответствующую обмотку обратной связи на гетеродинную катушку коротковолнового диапазона можно намотать поверх контурной катушки $L_{г.к}$, предварительно обернув ее полоской бумаги. Заметим, что таким же образом при отсутствии каркаса *а* можно, используя каркас *б*, намотать во входном контуре антенную катушку $L_{а.к}$ (см. рис. 3,*а*).

Трансформатор промежуточной частоты на 465 *кгц* показан на рис. 6,*н*. Крепежную плату с катушками и деталями контуров при помощи двух винтов и поддерживающих трубок крепят к верхней крышке экрана, а экран в свою очередь — к шасси, через специальные отверстия которого пропускают провода от контуров. Подстраивают контуры через отверстия в верхней крышке экрана. Размеры крепежной платы трансформатора 30×56 *мм*, а ширина и длина экрана соответствуют размерам крепежной платы.

До сих пор мы говорили об использовании готовых каркасов по их прямому назначению. Однако у радиолюбителя может не оказаться каркасов некоторых типов, зато другие будут в избытке. В этом случае, например, коротковолновые каркасы *а* и *б* можно использовать для намотки катушек средневолнового и длин-

Таблица 3

Миниатюрные катушки с ферритовыми сердечниками

Назначение катушки	Число витков	Марка и диаметр провода, *мм*				Конструктивное выполнение катушки (см. рис. 6)		Примечание
		ПЭЛБО ПЭШД	ПЭЛШО	ПЭВ ПЭЛ	ЛЭШО	Каркас	Намотка	
$L_д$	4×130	—	—	0,1	—	в	ж, з, и	
$L_{д_1}$	3×170	—	—	0,1	—	а, б	о, п	
$L_{д_2}$	2×150	—	—	0,1	—	г	р, с, т	
$L_с$	4×35	—	0,1	0,1—0,12	—	в	ж, з, и	
$L_{с_1}$	3×45	—	0,1—0,12	0,12—0,15	—	а, б	о, п	
$L_{с_2}$	2×40	—	0,1	0,1—0,12	—	г	р, с, т	
$L_к$	15	0,38	0,44	—	15×0,1	а	м	
$L_{ад}$	1200	—	—	0,1	—	д	и, с	
$L_{ад_1}$	1200	—	—	0,1—0,12	—	а, б	о	
$L_{ас}$	400	—	0,1	0,1—0,12	—	д	и, с	
$L_{ас_1}$	400	—	0,1—0,12	0,12—0,15	—	а, б	о	
$L_{ак}$	30	—	0,1	0,12—0,15	—	а	м	
$L_{гд}$	3×65	—	0,1	0,12	—	в	к	Отвод от 18-го витка
$L_{гд_1}$	3×65	—	0,1—0,12	0,12—0,15	—	а, б	п	Отвод от 20-го витка
$L_{гд_2}$	2×60	—	0,1	0,1—0,12	—	г	т	Отвод от 12-го витка
$L_{гс}$	3×33	—	0,1	0,12	—	в	к	Отвод от 15-го витка
$L_{гс_1}$	3×33	—	0,1—0,12	0,12—0,15	—	а, б	п	Отвод от 16-го витка
$L_{гс_2}$	2×30	—	0,1—0,12	0,12—0,15	—	г	т	Отвод от 10-го витка
$L_{гк}$	13,5	0,38	0,44	—	15×0,1	а, б	л	Отвод от 6-го витка
$L_п$	2×100	—	—	0,1	—	г	т, н	$C_п = 120$ *пф*
$L_п$	2×80	—	—	0,1—0,12	—	г	т, н	$C_п = 200$ *пф*
$L_п$	2×50	—	0,1	0,1—0,12	—	г	т, н	$C_п = 500$ *пф*
$L_{п_1}$	3×120	—	0,1	0,1—0,12	—	а, б	п	$C_п = 120$ *пф*
$L_{п_2}$	4×90	—	—	0,12	—	в	ж	$C_п = 100$ *пф*
$L_{п_3}$	4×40	—	0,1	0,12	—	в	ж	$C_п = 500$ *пф*

новолнового диапазонов, а также контуров промежуточной частоты. Для этого верхний прилив на каркасе аккуратно спиливают и на каркас наклеивают бумажные полоски шириной 2,5 *мм* и щечки так, чтобы на каркасе образовались одинаковые секции. Секции контурной катушки располагают в нижней части каркаса вплотную к нижнему приливу, а секцию катушки связи — в верхней части каркаса. Все контурные катушки имеют по три одинаковые секции, а катушки связи — одну или две секции в зависимости от числа витков.

Отделяются они друг от друга свободной секцией такой же ширины, как и остальные. При отсутствии катушки связи верхнюю часть каркаса оставляют свободной. Наружный диаметр щечек выбирают таким, чтобы в секциях поместилось нужное число витков.

На рис. 6 и в табл. 3 катушки, намотанные таким способом, обозначаются с индексом I ($L_{дI}$, $L_{г.\,cI}$ и т. д.).

При отсутствии специального каркаса катушки $L_{с2}$, $L_{д2}$, $L_{г.\,с2}$ и $L_{г.\,д2}$ средневолнового и длинноволнового диапазонов можно намотать на каркасе *г*. Контурные катушки в этом случае равномерно размещают в двух основных секциях каркаса между ферритовыми кольцами, а соответствующие им катушки связи — на верхней половине каркаса. Спиральный прилив, имеющийся на этой части каркаса, предварительно спиливают. Катушки обратной связи $L_{о.\,с}$ и $L_{о.\,д}$ наматывают на верхнюю часть каркаса внавал без щечек (рис. 6,*р*), а антенные катушки $L_{а.\,с}$ и $L_{а.\,д}$ — на шпульку *д*, которую надевают на верхнюю часть каркаса (рис. 6,*с*). Приклеивают такие катушки к крепежной плате непосредственно нижним ферритовым кольцом.

Если специальная шпулька *д* отсутствует, ее можно заменить двумя щечками, приклеенными обычным способом к верхней части каркаса

Гетеродинные катушки и катушки входных контуров приемника прямого усиления наматываются на каркас *г* без каких бы то ни было его изменений (рис. 6,*т*).

Если нет специального каркаса, катушки контуров промежуточной частоты $L_{п2}$ можно намотать на каркасе так, как показано на рис. 6,*ж*. На таком же каркасе можно намотать и антенные фильтры промежуточной частоты.

Данные миниатюрных катушек (число витков, марка и диаметр провода, тип каркаса и тип намотки) приведены в табл. 3.

ПРИНЦИПЫ МОНТАЖА РАДИОАППАРАТУРЫ[1]

Специфической особенностью радиоаппаратуры является наличие в ней цепей с токами повышенных частот и большого усиления. Эти моменты предопределяют возможность появления существенных паразитных связей, не предусматриваемых принципиальной схемой, которые могут приводить к резкому ухудшению работы аппарата.

Правильное, грамотное взаимное размещение отдельных каскадов и цепей требует не только хороших знаний, но и известного опыта. Если для монтируемого аппарата имеется опробованная монтажная схема, то рекомендуется вести монтаж в полном соответствии с такой схемой. Это может сэкономить много времени при настройке аппарата.

Если же монтажной схемы нет, то прежде всего надо руководствоваться соображениями, которые помогут избежать появления паразитных связей.

Предотвращение паразитных наводок. При монтаже радиоприборов следует различать четыре группы электрических цепей: 1) цепи питания постоянным током; 2) цепи питания переменным током частоты электросети (50 или 100 *гц* *) при не слишком низком напряжении; 3) цепи звуковой частоты и 4) высокочастотные цепи.

Действие цепей первых двух групп не может быть нарушено какими-либо наводками со стороны других цепей любых групп, ибо наводимые в них потенциалы ничтожно малы в сравнении с действующими.

Тем не менее произвольное расположение и монтаж этих цепей в радиоаппарате могут привести к неприятным последствиям, так как они могут явиться переносчиками наведенных сигналов (главным образом высокочастотных) из одних цепей в другие.

Кроме того, цепи питания переменным током могут оказывать влияние на близрасположенные провода звуковой частоты (особенно сеточные), что проявляется в виде слышимого в громкоговорителе фона переменного тока.

Цепи третьей и четвертой групп при малых величинах действующих в них напряжений и токов могут воспринимать вредные для их нормальной работы паразитные сигналы со стороны других цепей, а при больших величинах напряжений и токов сами могут создавать наводки в других цепях.

При этом может возникнуть не предусмотренная принципиальной схемой положительная или отрицательная обратная связь. Положительная обратная связь возникает, когда налагающиеся друг на друга переменные токи приблизительно совпадают по фазе: она вызывает сначала повышение усиления, а затем — генерацию. Если между налагающимися друг на друга напряжениями сдвиг фаз равен приблизительно 180°, то возникает отрицательная обратная связь и как следствие ее — уменьшение усиления.

Чем больше каскадов усиления включено после того или иного проводника, несущего токи высокой или звуковой частоты, и чем этот проводник длиннее, тем опаснее влияние на него внешних полей. С другой стороны, чем больше каскадов усиления включено до него, тем большее напряжение получается в нем и тем сильнее его излучение. Поэтому, начиная с определенной длины проводника, в цепях высокой и низкой частот нельзя обойтись без его экранирования.

[1] В. К. Лабутин, Книга радиомастера, (Массовая радиобиблиотека) Госэнергоиздат, 1961.

* Частота 100 *гц* получается при двухполупериодном выпрямлении обычного переменного тока электросети, характеризуя переменную составляющую выпрямленного тока.

В каждом каскаде к посторонним полям звуковой и высокой частот наиболее чувствительны провода, соединенные с управляющей сеткой, анодом и теми из электродов лампы, к которым подводится напряжение звуковой или высокой частоты. К этой же группе проводов относятся отводы катушек и трансформаторов, которые ни непосредственно, ни через конденсатор большой емкости не соединены с землей (корпусом) или проводом минуса анодного напряжения. Все же провода, идущие к источникам питания, относятся к цепям первых двух категорий.

Все провода, несущие токи звуковой и высокой частот, должны быть как можно короче и прокладывать их надо по возможности прямолинейно. При длине провода больше 40—50 *мм* и если смежные провода идут к каскадам с большой разницей усиления (один-два каскада), необходимо эти провода экранировать.

Характер экранирования определяется частотой проходящего по проводам тока и внутренним сопротивлением его источника (внутренним сопротивлением лампы, сопротивлением колебательного контура и т. п.).

Дело в том, что всякая экранировка увеличивает емкость экранируемых проводов и вносит потери, особенно ощутимые на высоких частотах. Поэтому при экранировании высокочастотных цепей следует применять экранированные провода с минимальной емкостью и малым объемом диэлектрика (наилучшая изоляция — воздух).

Экранированные провода с незначительной собственной емкостью имеют металлическую броню относительно большого диаметра (примерно 6—10 *мм*) и тонкую (0,3—0,1 *мм*) проволочную жилу (рис. 1,*а*). Чем толще проволочная жила, тем больше должен быть диаметр экранирующей оболочки, чтобы получилась та же емкость. Провода с токами звуковой частоты менее требовательны к качеству экранирования (рис. 1,*б*), так как собственная емкость провода начинает сказываться на низких частотах лишь при значительной протяженности его.

В усилителях с широкой полосой частот экранирование с большой емкостью искажает частотную характеристику, срезая высшие частоты. Поэтому и здесь приходится применять укороченные соединения высокочастотным экранированным проводом.

Все экранирующие оболочки должны быть эффективно заземлены, так как иначе они совершенно не достигают своей цели. Места их заземлений должны быть тщательно продуманы или подобраны экспериментально.

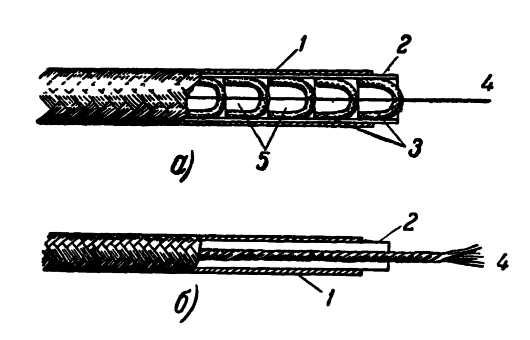


Рис. 1. Экранированные провода.

а — высокочастотные; *б* — низкочастотные (*1* — броня; *2* — изоляционная трубка; *3* — изолирующие втулки; *4* — проводник; *5* — воздух).

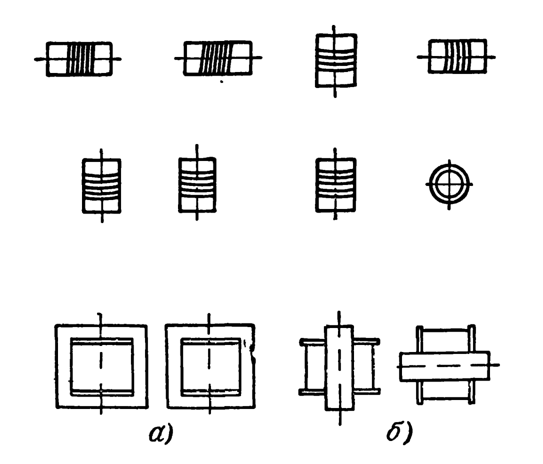


Рис. 2. Взаимное расположение катушек и трансформаторов, предрасполагающие к возникновению паразитных связей (*а*) и содействующие ослаблению их (*б*).

Провода питания постоянным током и переменным током низкого напряжения (для нитей накала ламп сетевых приемников) можно объединять в жгуты. В эти жгуты можно также вплетать и экранированные провода с токами звуковой частоты, но нельзя вплетать провода, входящие в колебательный контур и несущие высокочастотные токи, даже если они экранированы. Провода цепи накала, при последовательном соединении нитей накала, как и вообще провода, находящиеся под значительными сетевыми переменными напряжениями, следует прокладывать на максимальном расстоянии от всех чувствительных к звуковой частоте деталей и вплетать их в жгуты проводов питания не следует.

Источниками сильных полей являются катушки, дроссели и трансформаторы, особенно имеющие незамкнутые сердечники или сердечники с воздушным зазором. Эти же элементы одновременно являются наиболее чувствительными к посторонним магнитным полям.

Переносчиком низкочастотного магнитного поля может являться стальное шасси приемника или усилителя.

Наиболее опасны связи между различными катушками и трансформаторами, работающими в одинаковых полосах частот, например между силовым и микрофонным трансформаторами, между катушками первого и последнего контуров усилителя промежуточной частоты. Однако при достаточно сильных полях может оказаться вредным и воздействие, например, силового трансформатора на ферритовый сердечник высокочастотной катушки, причем может появиться модуляция принимаемого сигнала фоном переменного тока.

Средствами предотвращения паразитных связей через магнитные поля являются взаимное удаление катушек и трансформаторов, связь между которыми опасна, правильная взаимная ориентация их осей и экранирование.

При равном расстоянии между двумя катушками связь между ними максимальна, если они расположены соосно, и минимальна, если оси их взаимно перпендикулярны (рис. 2).

Эффективная экранировка магнитных полей достигается применением сплошных экранов без щелей и отверстий. Особенно ухудшают эффективность экранов вырезы, прерывающие линии индуктированных в них токов, т. е. идущие вдоль магнитных линий поля.

Для экранирования высокочастотных магнитных полей применяют материалы с высокой электропроводностью (алюминий, меды), а для экранирования низкочастотных полей — ферромагнитные материалы (мягкую сталь, листовую электротехническую сталь, пермаллой). В наиболее ответственных случаях прибегают к двойной и тройной экранировке (например, при экранировке микрофонных трансформаторов).

Можно экранировать как катушку или трансформатор, создающие сильное поле, так и катушку или

Условные обозначения

1. *Провода, нечувствительные к посторонним полям и сами не излучающие*; □ — высокой частоты (при отсутствии непосредственного соединения с корпусом соединяются с ним через конденсатор емкостью от 5 000 *пф* до 0,1 *мкф*); ■ — низкой частоты (заземляющий конденсатор емкостью 0,1—50 *мкф*).

2. *Провода, чувствительные к внешним полям*:

— высокой частоты (в порядке уменьшения чувствительности);

— промежуточной частоты;

— низкой частоты.

3. *Провода, создающие поля.*

— высокой частоты (в порядке ослабления излучения);

— промежуточной частоты;

— низкой частоты;

— высокой частоты при тех или иных особенностях схемы.

а — приемник прямого усиления (*1* — наиболее опасная высокочастотная обратная связь; *2* — наиболее опасная низкочастотная паразитная связь; *А* — высокочастотная часть при отсутствии обратной связи в детекторном каскаде; *Б* — при регенеративном детекторе; *В* — низкочастотная часть приемника); *б* — высокочастотная часть супергетеродина.

Рис. 3. К вопросу о паразитных связях в радиоприемнике.

трансформатор, которые надо защищать от воздействия этого поля. Наилучшие результаты дает одновременное экранирование излучающего и воспринимающего элементов.

Рис. 3 иллюстрирует высказанные выше положения на примере двух конкретных схем приемников.

Предотвращение паразитных связей через общие участки цепей. Отличный от наводок механизм паразитных связей может возникнуть в радиоаппарате из-за прохождения по одним и тем же цепям токов различных каскадов. Такими общими цепями обычно являются цепи питания и провода заземления (корпус шасси, общий провод). Паразитная связь в этих случаях тем сильнее и опаснее, чем больше полное сопротивление для токов данной частоты общего участка цепи и чем больше усиление между каскадами, токи которых проходят через этот общий участок.

Предотвращение паразитных связей через цепи общего источника питания достигается схемными методами: введением развязывающих *RC*- или *LC*-фильтров (рис. 4). При этом, однако, не надо забывать о том, что сопротивление переменным токам развязывающего конденсатора и проводов, которыми он соединяется со схемой, не равно нулю и может сохранить паразитную связь, если развязка общая для двух-трех каскадов или если точка заземления конденсатора выбрана неудачно, так что по заземляющему проводу проходят токи разных каскадов.

Для эффективной развязки в каскадах усиления низкой частоты обычно достаточно лишь правильно выбрать величины *R* и *C*. Однако при большом усилении во входных низкочастотных каскадах неудачно выбранные места заземления могут явиться источниками проникновения фона, обусловленного токами, наводимыми в шасси полем силового трансформатора, или падениями напряжения по цепям накала ламп. В связи с этим, в частности, питание нитей накала переменным током лучше всего производить с помощью двух самостоятельных проводов, один из которых только в одной точке соединяется с шасси. В высокочастотных же каскадах существенную роль могут играть также тип конденсатора (паразитная индуктивность) и длина соединительных проводов.

В общем случае конденсатор развязывающего фильтра следует располагать в непосредственной близости к тому каскаду, цепь питания которого он развязывает.

В высокочастотных каскадах заземляющий провод надо рассматривать как часть колебательного контура. Если он явится общим для нескольких контуров, то индуктивность, присущая даже прямым проводам, вызовет в нем общее падение напряжения и, следовательно, создаст увеличивающуюся с частотой связь (часто нежелательную), которую с трудом можно обнаружить.

Единственно правильное решение — это свести все заземляющие соединения, принадлежащие одному контуру и одному каскаду усиления (если даже соединение с землей производится через конденсаторы, как на рис. 5), в одну точку на катоде соответственной

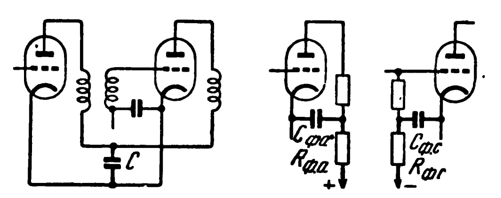


Рис. 4. Устранение паразитной связи —через общий источник питания.

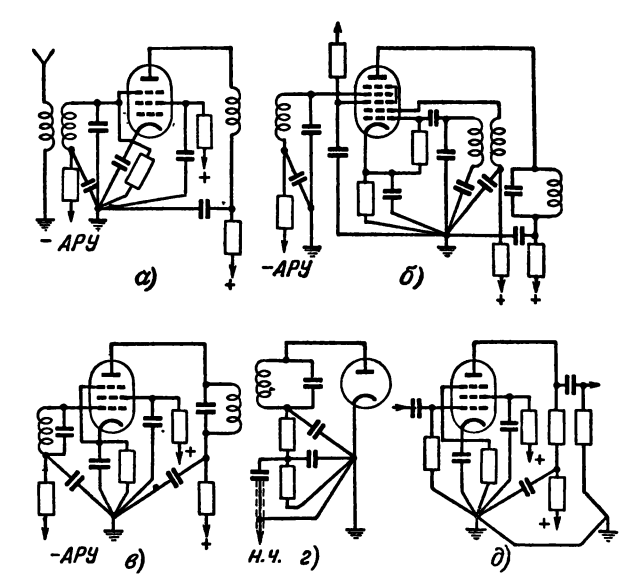


Рис. 5. Соединение проводов, подлежащих заземлению, в одной точке.

а — усилитель высокой частоты; *б* — преобразователь частоты. *в* — усилитель промежуточной частоты; *г* — диодный детектор; *д* — усилитель низкой частоты.

лампы. Для звуковой и высокой частот катод образует нулевую точку каждого усилительного каскада и всегда должен быть соединен непосредственно или, если это невозможно из-за находящихся в цепи катода сопротивлений, через конденсатор с шасси. Исключение составляют только схемы с отрицательной обратной связью, напряжение которой выделяется в цепи катода, генераторы с катушкой обратной связи в цепи катода и усилители с катодным выходом.

Если шасси изготовлено из изоляционного материала, то точки заземления различных каскадов должны быть соединены между собой и с гнездом заземления одним достаточно толстого диаметра (0,5—1,5 *мм*) проводом, по возможности прямым и коротким.

Заземление высокочастотных каскадов с контурами, настраивающимися конденсаторами переменной емкости, лучше всего производить в точке заземления ротора конденсатора. К этой же точке нужно присоединить возможно более коротким и прямым путем соответствующие концы контурных катушек и входящих в контур постоянных и подстроечных конденсаторов.

Некоторые вопросы техники монтажа радиоаппаратуры. *Монтажный инструмент.* Хорошее качество монтажа требует правильного подбора монтажных инструментов и хорошего состояния их. Важнейшие монтажные инструменты, применяемые радиомастерами, показаны на рис. 6, 7, 8, 9.

Отвертки должны быть правильно заточены (рис. 10,*б*), иметь закаленные (но не перекаленные!) жала и выбираться по размеру в соответствии с длиной шлица на головке завинчиваемого винта (рис. 10,*д*).

Гаечные ключи (рис. 6,*б*) применяются для завинчивания и фиксации шестигранных гаек и болтов.

Плоскогубцы (рис. 7,*а*) применяются для удерживания и изгибания проводов и выводов деталей при подготовке их к монтажу и во время монтажных операций. Круглогубцы (рис. 7,*в*) служат для сгибания проводов и образования колечек при креплении проводов под зажимы, винты.

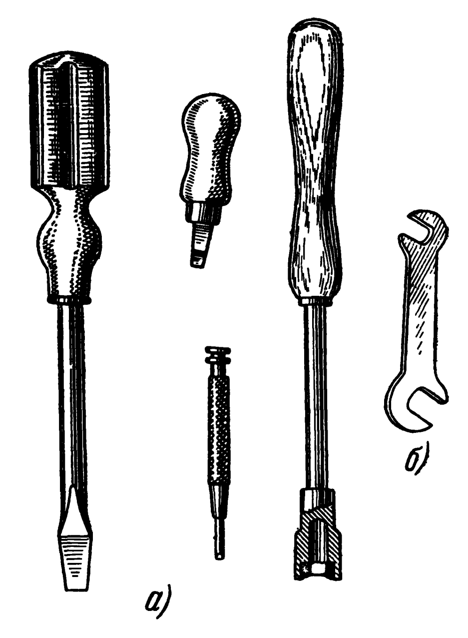


Рис. 6. Отвертки (*а*) и гаечные ключи (*б*).

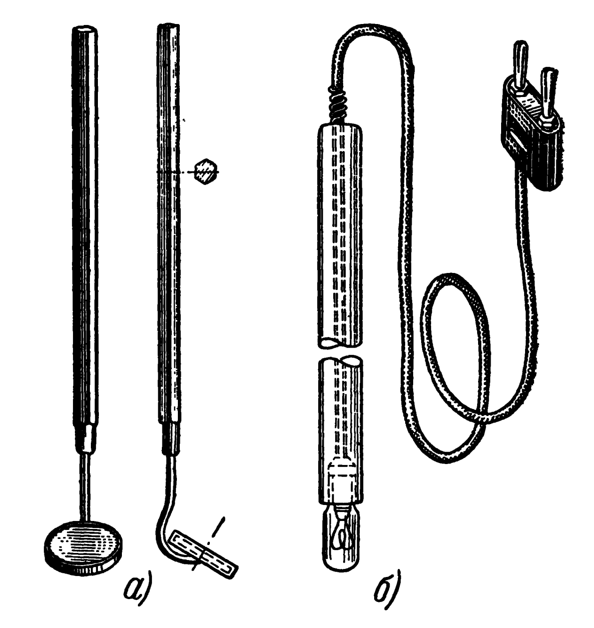


Рис. 9. Приспособления для осмотра труднодоступных мест монтажа.

а — зеркальце; *б* — осветительная лампочка.

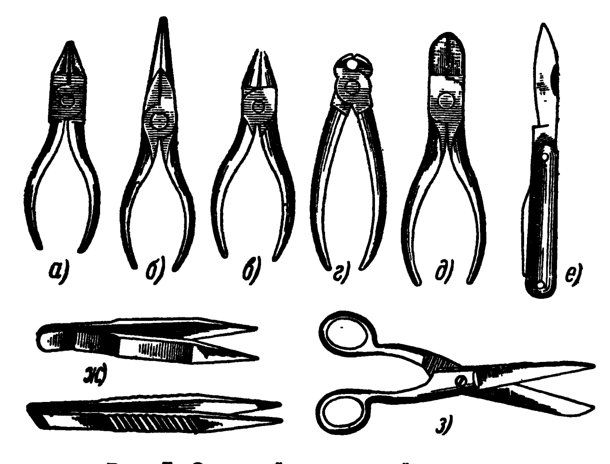


Рис. 7. Основной монтажный инструмент.

а — плоскогубцы; *б* — „утиный нос"; *в* — круглогубцы; *г* — кусачки; *д* — бокорезы; *е* — монтерский нож; *ж* — пинцеты; *з* — ножницы.

Порядок образования петли показан на рис. 11.

Кусачки (рис. 7,*г*) и бокорезы (рис. 7,*д*) применяются для откусывания проводов, тонких лепестков.

Монтерский нож (рис. 7,*е*) применяют для зачистки проводов.

Пинцеты (рис. 7,*ж*) служат для поддержания припаиваемых проводов и мелких деталей.

Ножницы (рис. 7,*з*) применяются для обрезки изолирующих оплеток проводов и нарезки тонких листовых материалов (бумаги, лакоткани, фольги, электрокартона).

При укладке и правке монтажных проводов полезны простые инструменты, представленные на рис. 8: прижимка (*а*), крючок (*б*) для вытягивания проводов и угольник (*в*) для укладки нескольких параллельно идущих проводов.

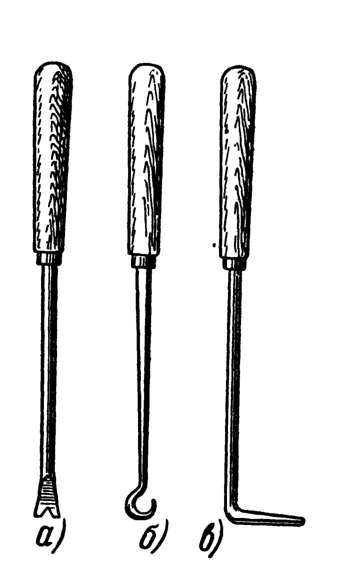


Рис. 8. Приспособления для укладки и правки проводов.

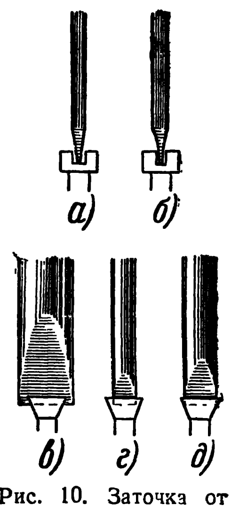


Рис. 10. Заточка отвертки и выбор ее размера.

а — неправильная; *б* — правильная; *в* и *г* — неправильно выбранный размер отвертки; *д* — правильно выбранный размер отвертки.

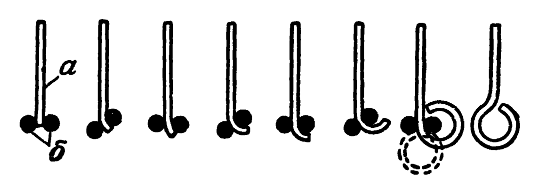


Рис. 11. Последовательность выгибания петли на конце провода с помощью круглогубцев.

а — провод; *б* — губки круглогубцев.

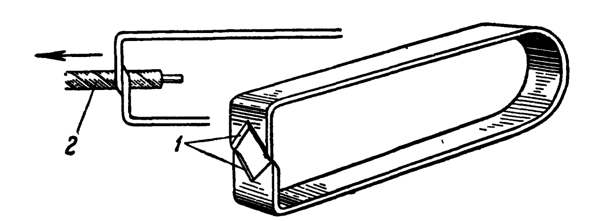


Рис. 12. Щипцы для удаления изоляции с проводов.
1 — режущие кромки; *2* — провод в изоляции.

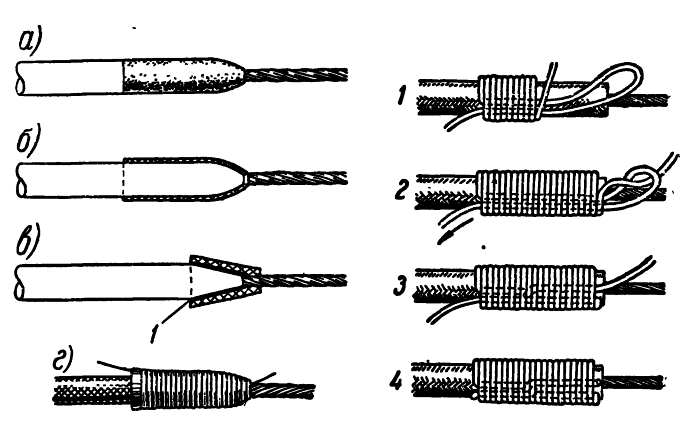


Рис. 13. Заделка монтажных проводов с волокнистой изоляцией.
а — покрытие нитролаком или клеем БФ-4; *б* — закрепление капсюлем из органического стекла; *в* — закрепление наконечником из пресс-порошка; *г* — обвязка ниткой; *1* — слой приклеивающего материала.

Рис. 14. Последовательность закрепления путем обвязки ниткой.

Для осмотра труднодоступных мест монтажа применяют зеркальце и миниатюрную переносную лампочку на длинных ручках (рис. 9).

Зачистка и заделка концов монтажных проводов. Удаление внешней изоляции с концов монтажных проводов (хлопчатобумажной оплетки, хлорвиниловой трубки, резины) надо производить очень осторожно, чтобы при этом не повреждались токопроводящие жилы. При известном навыке эту операцию можно удовлетворительно производить при помощи остро заточенного монтерского ножа, лезвия бритвы, ножниц, острых бокорезов. Применяются также специальные щипцы для удаления изоляции (рис. 12).

Зачистку проводов с эмалевой изоляцией производят лезвием ножа или бритвы, надфилем или мелкой стеклянной шкуркой.

Во избежание загрязнения зачищаемой поверхности проводов надо избегать непосредственного касания ее пальцами. Скрутку многожильных проводов после их зачистки следует производить через бумажку.

Заделка изоляции у зачищенного конца провода производится после его облуживания. Распространенные способы заделки концов проводов представлены на рис. 13. Закрепление концов нитки показано на рис. 14.

Заделка концов экранированного провода может осуществляться аналогично, с той лишь разницей, что экранирующую оболочку отрезают на большем протяжении, чем внутреннюю изоляцию, и снабжают бандажом из голого медного провода, который затем припаивают (рис. 15,*а*).

Но можно осуществить и непосредственный вывод конца экранирующей оплетки (рис. 15,*б*). Для этого сначала на расстоянии 20—30 *мм* от конца провод изгибают и с внешней стороны изгиба жилки оплетки аккуратно раздвигают с помощью тупой иглы. Затем через образовавшееся отверстие вытягивают конец провода. Свободный конец оплетки натягивают, причем из него формуется плоская гибкая шинка.

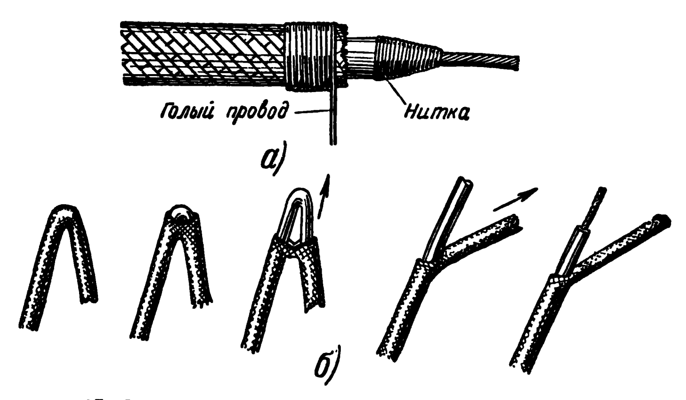


Рис. 15. Заделка экранированного провода при помощи бандажа (*а*) и последовательные стадии получения вывода от оплетки, из самой оплетки (*б*).

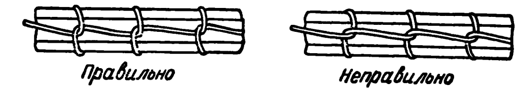


Рис. 16. Вязка жгута проводов.

Вязка провода в жгуты (рис. 16) производится при помощи толстых ниток (№ 10). При наличии монтажной схемы жгуты заготовляются предварительно на специальных шаблонах (рис. 17). Если монтажная схема не разработана, то предварительно осуществляют монтаж одиночными проводами, располагая их так, чтобы они по мере монтажа формировали будущие жгуты. При этом концы проводов, которые войдут в жгут, не запаивают. Затем эти провода прямо в монтаже обвязывают в нескольких местах нитками и вынимают из монтажа, стараясь не деформировать. После этого производят полную обвязку жгута, вновь укладывают его в аппарат и производят пайку.

Некоторые специфические способы соединения проводов при помощи пайки представлены на рис. 18.

Элементы механического монтажа. Наиболее мелкие детали (сопротивления, конденсаторы) часто монтируются без специального закрепления путем впаивания за выводы. Наряду с этим их иногда собирают на групповых монтажных планках, снабженных лепестками или стойками (рис. 19).

Для крепления деталей среднего размера (бумажных и электролитических конденсаторов, небольших трансформаторов и т. п.) широко применяются разнообразные крепежные скобки и угольники, изготавливаемые из листовой стали, алюминия, латуни толщиной 0,1—1 *мм* (рис. 20). В последнее время крепление таких деталей часто производят путем приклеивания к поверхности шасси клеем БФ. Клей БФ также применяют для скрепления половинок чашеобразных сердечников из карбонильного железа.

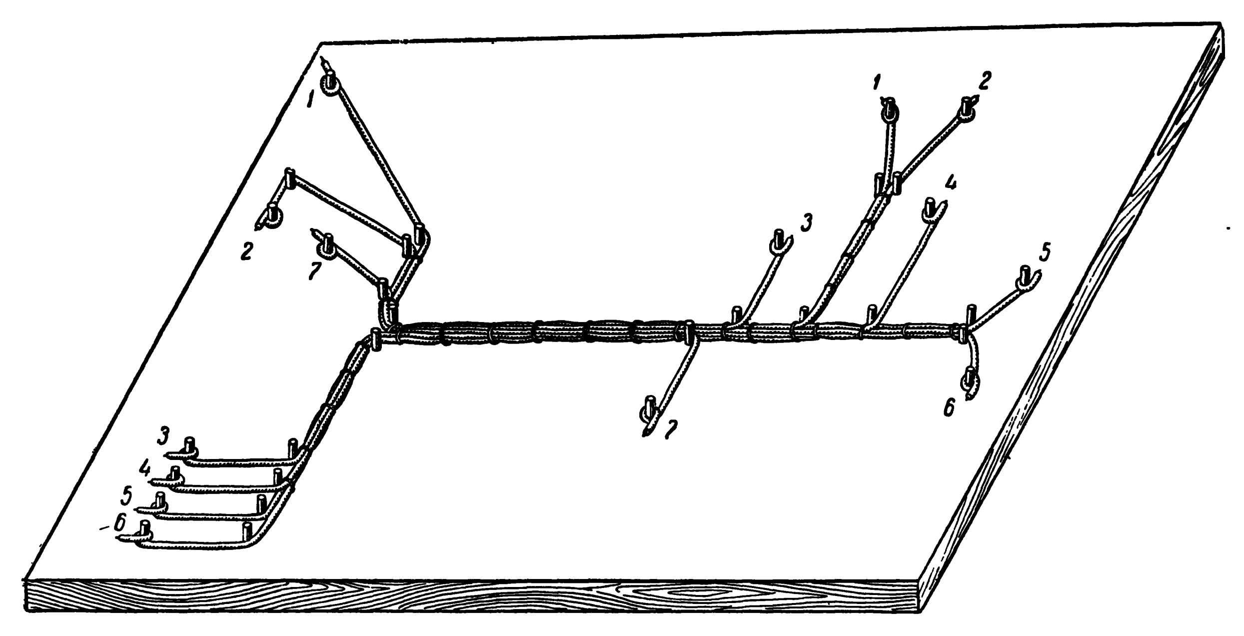


Рис. 17. Разложенный и обвязанный жгут из монтажных проводов на шаблоне.

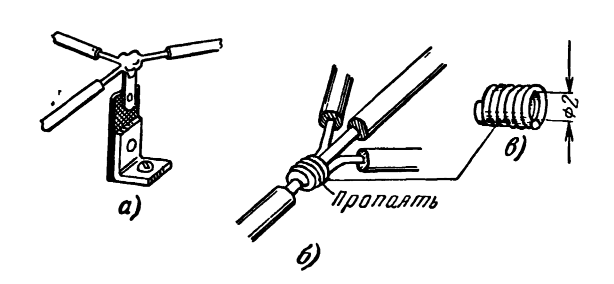


Рис. 18. Соединение нескольких проводов в одной точке.

а — на изолированном лепестке; *б* — на проводе при помощи спиральки *в*.

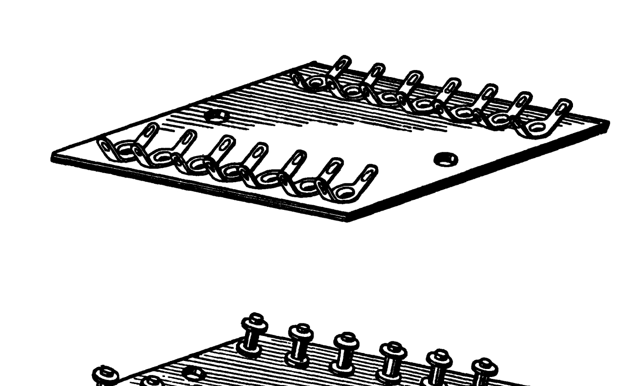


Рис 19. Групповые монтажные планки.

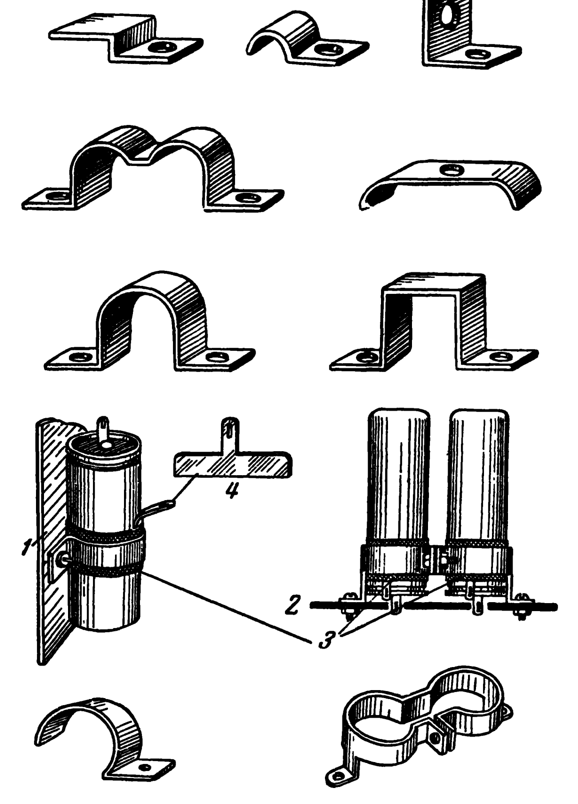


Рис. 20. Крепежные скобки, хомутики и угольники. Пример применения их для крепления электролитических конденсаторов.

1 — вертикальная панель; *2* — горизонтальная панель; *3* — изолирующие подкладки (электрокартон); *4* — контактный лепесток.

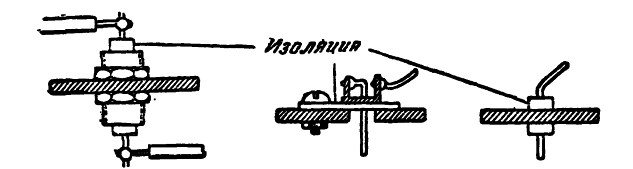


Рис. 21. Проход проводов через металлические панели.

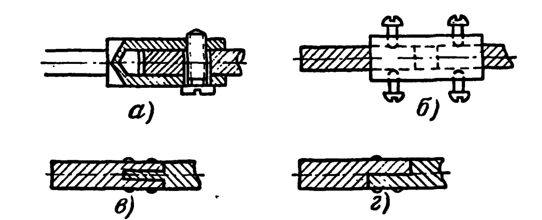


Рис. 22. Удлинение осей.
а и *б* — разъемные соединения; *в* и *г* — соединения на заклепках.

Крупные тяжелые детали (силовые и выходные трансформаторы, блоки переменных конденсаторов и т. п.) снабжаются готовыми приспособлениями для их механического монтажа.

Для придания жесткости длинным проводам или проводам высокочастотных цепей, стабильность настройки которых требует неизменного положения всех проводников, пользуются опорными лепестками на изолированных стойках (рис. 18,*а*), а при проходе провода через металлические шасси применяют жестко закрепленные изоляционные втулки или накладки (рис. 21).

При соединении в одной точке нескольких проводов в этой точке устанавливают изолированный лепесток или на место соединения их надевают спираль из голого луженого провода, пропаиваемую вместе с соединяемыми проводами (рис. 18,*б*).

При необходимости удлинить ось переменного сопротивления, переключателя или другого органа управления пользуются средствами, показанными на рис. 22.

Порядок налаживания смонтированного радиоприбора. По окончании монтажа, раньше, чем включать питание, надо проверить правильность монтажа, закрепление всех деталей и проводов, освободить монтаж от случайно попавших в него обрезков проводов, изоляции и капель припоя. Осмотр монтажа требует большой тщательности. Попадающие иногда на ламповые панельки или монтажные планки капли припоя замыкают накоротко соседние контакты и могут привести к аварии еще неналаженного аппарата при первом же его включении.

После осмотра монтажа и устранения обнаруженных при этом дефектов очень полезно хотя бы с помощью пробника проверить отсутствие короткого замыкания в общей анодной цепи ламп; убедившись в отсутствии его, можно включить питание. При этом в цепи питания обязательно должны стоять плавкие предохранители и — желательно — амперметр, контролирующий ток питания.

Если потребляемый ток оказывается значительно больше расчетного, то аппарат следует немедленно выключить и признать неисправным. Дальнейшая работа с неисправным аппаратом должна начинаться с отыскания и устранения имеющихся неисправностей. Для этого, помимо полной проверки соответствия монтажа принципиальной схеме, можно пользоваться техникой отыскания неисправностей, изложенной в следующей главе.

Если потребляемый ток не вызывает опасений за исправность аппарата, то очередной работой является налаживание, состоящее в проверке и, если требуется, подгонке режимов питания всех каскадов, а затем настройке колебательных контуров

При проведении этих работ, выполнению которых посвящены следующие две главы, могут также обнаружиться неисправности, связанные с ошибками в монтаже, неисправностью или несоответствием отдельных деталей, наличием самовозбуждения. Порядок устранения таких дефектов излагается в следующей главе.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

В. А. Бурлянд и В. В. Енютин, Радиолюбительские конструкции, изд. 2-е, переработанное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1958.

Книга представляет собой справочник и библиографический указатель описаний радиолюбительских конструкций, которые публиковались в книгах, брошюрах и журналах с 1952 по 1957 г. Приводятся краткие сведения о схеме и основных особенностях каждой конструкции.

В книге кратко изложены итоги деятельности (более 800 различных конструкций) наиболее активных радиолюбителей-конструкторов за 6 лет.

М. Н. Савостьянов, Пособие для радиомастеров, Воениздат, 1959.

В книге даны практические указания по оборудованию рабочих мест радиомастеров. Описаны основные слесарные и монтажные работы, а также материалы при ремонте радиоаппаратуры.

Ю. И. Фелистак, Простые самодельные радиодетали (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

В книге описаны самодельные переключатели, конденсаторы, сопротивления, катушки индуктивности и трансформаторы. Приводятся простейшие расчеты, а также практические советы по изготовлению самодельного крепежа, приспособлений и вспомогательного инструмента.

В. О. Буклер и Ю. И. Рабинович, Сборка радиоаппаратуры, Госэнергоиздат, 1960.

В книге приведены основные сведения по сборке радиоаппаратуры. Описаны некоторые процессы, применяемые при этом: обработка металлов и изоляционных материалов, отделка, покрытие и герметизация узлов и деталей.

Учебное пособие для технических училищ и курсов повышения квалификации рабочих; оно может оказаться полезным и для радиолюбителей-конструкторов, желающих повысить свою квалификацию.

Ю. В. Костыков и Л. Н. Ермолаев, Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1961.

В заключительной, 16-й, главе книги, названной «В мастерской радиолюбителя», говорится об инструменте радиолюбителя, изготовлении шасси, пайке и основных правилах монтажа.

Справочник начинающего радиолюбителя, под общей редакцией Р. М. Малинина (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Последние главы справочника (13—15) рассматривают радиотехнические материалы, обработку материалов, пайку и монтаж радиоаппаратуры.





Глава одиннадцатая

НАЛАЖИВАНИЕ РАДИОПРИЕМНИКА И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

ПРОВЕРКА МОНТАЖА ПО ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЕ[1]

По окончании монтажа приемника необходимо произвести его проверку. Обычно такая проверка производится по той же принципиальной схеме, по которой производился и монтаж. Однако опыт показывает, что когда проверку производит то же лицо, которое монтировало приемник, то ошибки, допущенные в монтаже, проходят часто незамеченными, т. е. повторяются; поэтому проверку по схеме нужно производить весьма тщательно.

Особенное внимание следует обратить на то, чтобы все соединения были сделаны надежно, прочно и имели хороший контакт. Надо устранить в монтаже не предусмотренные схемой касания деталей и проводов друг с другом и механически непрочные места.

Весьма полезной оказывается дополнительная проверка монтажа по так называемой «карте» или «диаграмме сопротивлений». Сущность этого метода проверки заключается в том, что с помощью омметра измеряется сопротивление участков схемы, лежащих между отдельными ламповыми гнездами и шасси, т. е. сопротивление постоянному току между электродами лампы и заземлением. Для некоторых промышленных типов приемников такие диаграммы давались в их описаниях. Для приемника, собираемого по новой схеме, такую диаграмму можно без особого труда составить заранее.

В качестве примера рассмотрим часть схемы приемника, приведенную на рис. 1.

Проследим цепь управляющей сетки лампы 6К3 усилителя промежуточной частоты. Эта цепь для постоянного тока состоит из катушки контура промежуточной частоты L_{15}, сопротивления R_{16} и сопротивления R_{18}, соединенного последовательно с R_{16} и идущего на землю. Активное сопротивление катушки ничтожно по сравнению с R_{16} и R_{18}. Поэтому сопротивление участка «гнездо сетки лампы 6К3—земля» равно $R_{16}+R_{18}=2{,}2+1=3{,}2$ *Мом*.

Между гнездом экранной сетки и землей сопротивление равно бесконечности. Между гнездом защитной сетки и землей сопротивление должно равняться нулю. То же будет и между гнездом катода и землей и между одним из гнезд накала и землей.

Гнездо накала H_2 соединено с землей через накальную обмотку силового трансформатора. Поэтому сопротивление этого участка равно сопротивлению обмотки накала.

В цепь анода лампы 6К3 включены катушка L_{16} и последовательно с нею сопротивление R_{12}. На землю оно не идет, поэтому сопротивление участка «гнездо анода — шасси» должно равняться бесконечности.

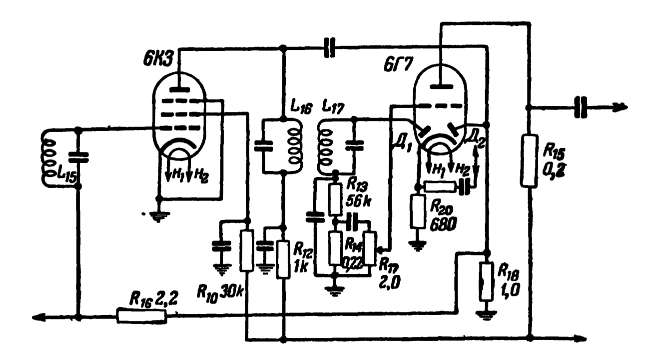


Рис. 1. Схема усилителя промежуточной частоты и детекторного каскада приемника.

[1] Е. А. Левитин, Налаживание приемников, (Массовая радиобиблиотека) Госэнергоиздат, 1949.

Можно проверить сопротивление между анодными гнездами ламп 6К3 и 6Г7. Здесь последовательно включены катушка L_{16} и сопротивления R_{12} и R_{15}. Следовательно, суммарное сопротивление равно $R_{12}+R_{15}=1\,000+$ $+200\,000=201\,000$ *ом* (сопротивлением L_{16} можно пренебречь).

Точно так же определяем сопротивление участка «управляющая сетка лампы 6Г7 — шасси», которое оказывается равным включенной части переменного сопротивления R_{17}, т. е. от 0 до 2 *Мом*.

Сопротивление участка «гнездо анода диода $Д_1$ — шасси» равно $R_{13}+R_{14}=56\,000+$ $+220\,000=276\,000$ *ом* (пренебрегая сопротивлением L_{17}). Сопротивление участка «гнездо анода второго диода $Д_2$ — шасси» равно $R_{18}=$ $=1$ *Мом*. Сопротивление участка «гнездо катода — шасси» будет $R_{20}=680$ *ом* и т. д.

В результате такого рассмотрения схемы легко составить несложную таблицу, пользуясь которой можно произвести дополнительную проверку правильности монтажа.

Лампа	Участок схемы	Сопротивление участка
6К3	Нить накала $Н_1$ — шасси	0
	Нить накала $Н_2$ — шасси	Обмотка накала
	Катод—шасси	0
	Управляющая сетка—шасси	3,2 *Мом*
	Экранная сетка—шасси	∞
	Анод—шасси	∞
	Анод—экранная сетка	31 *ком*
6Г7	Нить накала $Н_1$—шасси	0
	Нить накала $Н_2$—шасси	Обмотка накала
	Управляющая сетка—шасси	0—2 *Мом*
	Диод $Д_1$—шасси	276 *ком*
	Диод $Д_2$—шасси	1 *Мом*
	Катод—шасси	680 *ом*
	Анод—анод 6К3	201 *ком*

Подобным же образом составляются таблицы для всех ламп.

В некоторых случаях в измеряемом участке могут оказаться два сопротивления: R_1 и R_2, включенные параллельно. В этом случае

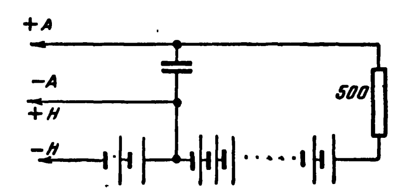


Рис. 2. Схема включения предохранительного сопротивления в цепь анодной батареи.

результирующее сопротивление подсчитывается по формуле

$$R_{общ}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}.$$

Проверка по карте сопротивлений ценна тем, что дает одновременно с проверкой правильности монтажа проверку величины и правильности включения всех сопротивлений. Этот способ не позволяет, однако, обнаружить короткое замыкание на участке с малым сопротивлением (например, в контурных катушках).

Обычно после проверки по карте сопротивлений можно уверенно вставлять лампы, включать приемник в сеть и приступать к налаживанию.

При работе с приемником, питаемым от батарей, особенно тщательно следует проверять цепи накала, чтобы на них не попадало по ошибке анодное напряжение. Для этого вольтметр включается в гнезда накала и к приемнику подключается батарея накала. Вольтметр покажет ее напряжение. Затем эта же батарея накала подключается к зажимам анодной батареи вместо последней. Стрелка вольтметра не должна отклоняться. Если вольтметр дает какие-либо показания, значит в монтаже допущена ошибка.

Проверку по диаграмме сопротивлений для таких приемников нужно производить обязательно при отключенных батареях. Весьма полезно включить в цепь анодной батареи последовательно сопротивление 500—1 000 *ом* (рис. 2), которое предохраняет от пережигания анодным напряжением нити ламп.

УКАЗАНИЯ ПО НАЛАЖИВАНИЮ ПРИЕМНИКА[1]

В процессе монтажа приемника любитель может допустить ошибку: неправильно присоединить какую-либо деталь, неправильно включить концы трансформатора или катушки и т. п. При допущении таких ошибок приемник или совсем не будет работать, или будет работать плохо.

Бывает также, что приобретенные случайно детали устанавливаются в монтируемый приемник без предварительной их проверки и среди них попадаются недоброкачественные детали, нарушающие работу аппарата.

Существует ряд определенных признаков неисправности деталей и узлов в различных

[1] В. В. Енютин, Шестнадцать радиолюбительских схем, (Массовая радиобиблиотека) Госэнергоиздат, 1951.

частях схемы. Зная эти признаки и умело используя их, можно сразу же определить, в какой части схемы приемника имеется погрешность или неисправность.

Если эти признаки недостаточно характерны и сразу не указывают на вид повреждения, то последнее отыскивается путем последовательной проверки приемника по частям.

Встречающиеся в приемниках неисправности настолько разнообразны и многочисленны, что описать здесь все и указать конкретный способ нахождения каждой из них невозможно, тем более что в различных схемах и типах приемников эти неисправности проявляются различным образом.

Проверка и подбор правильного режима питания ламп. Приступая к испытанию приемника с питанием от сети, необходимо прежде всего удостовериться, что напряжение в сети нормальное. Затем надо при включенном приемнике измерить постоянное напряжение на выходе выпрямителя и общий анодный ток. Это сразу даст уверенность в том, что выпрямитель работает нормально.

Далее надо проверить напряжение сеточных смещений. Измерение этих напряжений следует производить на сопротивлениях, создающих эти напряжения. После этого проверяются напряжения на экранных сетках пентодов. Отклонения величин напряжений до ±15%, указанных в описаниях, вполне допустимы. Наконец, нужно измерить напряжения на анодах ламп.

Все измерения надо производить только высокоомным вольтметром.

Если при проверке режима ламп обнаруживается резкое несоответствие напряжения на электродах ламп с типовым режимом питания, то это указывает на неисправность цепей питания или какой-либо детали в них: перегорание сопротивления, пробой блокировочного или разделительного конденсатора и т. п.

Неправильный режим может также объясняться неподходящими электрическими величинами деталей в этих цепях.

Проверка отдельных каскадов. Проверку приемника по частям удобнее всего производить в следующей последовательности: сначала проверяется силовая часть — выпрямитель, затем — каскад усиления низкой частоты, детектор, каскады высокой или промежуточной частоты и входные цепи.

В силовой части проверяют напряжение накала и анода, исправность конденсаторов фильтра, дросселя и обмотки подмагничивания динамика, если она работает в качестве дросселя фильтра.

Исправность каскадов усиления низкой частоты можно проверить, прикасаясь пальцем к контакту управляющей сетки лампы первого или второго каскада. При этом в громкоговорителе или наушниках должно быть слышно громкое гудение (фон переменного тока).

Когда имеется граммофонный проигрыватель со звукоснимателем, можно проверить усилитель низкой частоты путем прослушивания воспроизводимой им грамзаписи. Плохое воспроизведение этой записи будет указывать на наличие дефектов в каскадах усиления низкой частоты. В таких случаях следует проверить исправность отдельных цепей и деталей этого усилителя.

Проигрывая грампластинки, можно хорошо отрегулировать работу каскада усиления низкой частоты, точно подбирая данные их деталей.

Детальная проверка каскадов усиления высокой частоты требует уже специальной подготовки и более сложных приборов (сигнал-генератора, лампового вольтметра). Приблизительно о действии каскада высокой частоты можно судить по возникновению шумов и тресков при касании проводов антенны управляющей сетки или анода лампы этого каскада. Малоподготовленному любителю можно рекомендовать только проверку на пробник или омметр целости катушек и исправности конденсаторов, входящих в эти контуры.

При проверке детекторного каскада в приемнике прямого усиления следует обратить внимание на правильную работу обратной связи. Если при регулировании обратной связи не возникает генерации, то надо проверить контурную катушку и катушку обратной связи на обрыв, а затем поменять места присоединения концов катушки обратной связи.

Устранение фона переменного тока. Иногда работа приемника сопровождается гудением очень низкого тона (фоном), мешающим приему передач на всех диапазонах. Причиной этого может служить либо плохая фильтрация постоянного тока в выпрямителе, либо паразитное воздействие переменного сетевого тока на цепи приемника.

Фон в результате плохой фильтрации может произойти при недостаточной емкости конденсаторов в фильтре выпрямителя или из-за порчи какого-либо из них.

Если фильтр выпрямителя в порядке, а фон переменного тока все же остается, то прежде всего надо проверить, заземлена ли обмотка накала ламп приемника, а также экранная обмотка силового трансформатора (если она имеется) и его сердечник.

В некоторых случаях удается устранить

фон присоединением параллельно электролитическому конденсатору фильтра дополнительного бумажного конденсатора емкостью 0,5—1 *мкф*, а также путем заземления проводов осветительной сети через конденсаторы емкостью 0,1—0,5 *мкф*.

В большинстве случаев оказывается достаточным включить один конденсатор, причем следует экспериментально установить, к какому именно проводу осветительной сети его следует присоединить.

Для устранения фона переменного тока рекомендуется также заземлять сердечник выходного трансформатора и звуковую катушку динамика.

Настройка приемника. После проверки правильности выполнения схемы и исправности низкочастотной части приемника производится настройка его высокочастотной части. Эта работа требует специальной аппаратуры и навыка.

Настройка приемников прямого усиления сводится в основном к настройке в резонанс всех его контуров и к подгонке их под желаемый диапазон.

Такая настройка контуров обычно производится в начале и конце каждого диапазона. В начале диапазона контуры подстраиваются с помощью подстроечных (полупеременных) конденсаторов, а в конце диапазона — изменением индуктивности катушки (изменением числа витков или положения подвижной секции катушки или передвижением сердечника).

Настройку контуров лучше всего производить при помощи градуированного гетеродина, создающего модулированные колебания, так как это обеспечивает наибольшие удобства и точную настройку приемника.

Возможно производить настройку контуров и без приборов — по слышимости станций, но такой способ отнимает много времени и для его применения нужно знать частоты (длины волн) станций, используемых для подгонки.

Настройка супергетеродинных приемников значительно сложнее. В них приходится отдельно настраивать контуры промежуточной частоты, а затем настраивать гетеродинные и входные контуры преобразователя частоты.

Для настройки супергетеродина также необходима специальная аппаратура: сигнал-генератор и измеритель выхода. Учитывая, что такая аппаратура найдется не у каждого радиолюбителя, мы описываем ниже порядок настройки типичного супергетеродина упрощенным способом, не требующим наличия указанных приборов.

Настройка супергетеродина разделяется на следующие операции: настройка на выбранную частоту всех трансформаторов промежуточной частоты, подгонка контуров гетеродина и, наконец, установление сопряжения входных контуров приемника.

Сопряжением контуров называется такая настройка входных и гетеродинных контуров, при которой по всему принимаемому диапазону получается промежуточная частота, наиболее близко совпадающая с выбранной (на которую настроены контуры усилителя промежуточной частоты). От правильности сопряжения контуров зависят чувствительность и избирательность супергетеродинного приемника.

Настройка трансформаторов промежуточной частоты производится следующим образом.

Присоединив к приемнику небольшую антенну (кусок провода длиной 4—5 *м*), принимаем какую-либо слабо слышимую станцию в диапазоне средних волн.

Предполагая, что трансформаторы промежуточной частоты уже приблизительно настроены на заводе на выбранную частоту 465 *кгц*, остается только подстроить их в резонанс. Для этого, медленно вращая ферромагнитные сердечники сначала второго, а потом первого трансформатора, следует добиться наилучшей слышимости станции. Это положение и будет соответствовать резонансу между всеми обмотками трансформаторов.

Наиболее резко при подстройке будут влиять сердечники у катушек, включенных в анодные цепи преобразователя, и лампы усилителя промежуточной частоты, менее сильно — у сеточной катушки лампы усилителя промежуточной частоты и довольно слабо — у катушки, связанной со вторым детектором.

Для настройки необходимо выбирать станцию, наиболее слабо слышимую, иначе трудно будет устанавливать момент наступления резонанса из-за влияния автоматического регулятора усиления (АРУ). Если в процессе настройки громкость станции слишком возрастает, лучше поискать новую станцию со слабой слышимостью. Вообще же лучше цепь АРУ на время настройки совсем выключить из схемы.

После настройки трансформаторов промежуточной частоты приступают к настройке контуров высокой частоты.

Настройку их удобнее начинать с диапазона средних волн. Подстроечное кольцо гетеродинной катушки диапазона средних волн ставят в среднее положение, и отыскивают какую-либо станцию в конце диапазона (емкость агрегата конденсаторов должна быть

близка к максимальной). После этого начинают подстраивать входной контур, перемещая подстроечное кольцо на катушке контура. Здесь возможны три случая.

Первый, самый благоприятный, когда при некотором положении кольца на этой катушке громкость получается максимальной и падает при перемещении кольца из этого положения в ту или другую сторону. Это и будет соответствовать необходимой настройке. В поисках резонанса допустимо в случае необходимости перемещать и подстроечное кольцо катушки гетеродина в самое крайнее положение, но при этом необходимо настраиваться на станцию агрегатом конденсаторов переменной емкости.

Второй случай. Наибольшая громкость получается, когда кольцо контурной катушки опустится до основной секции, а кольцо гетеродинной катушки поднимется на самый верх. Это будет означать, что емкость сопрягающего конденсатора в контуре гетеродина слишком велика. Его нужно заменить конденсатором меньшей емкости, при которой резонанс будет получаться при некотором среднем положении подстроечного кольца контурной катушки.

Третий случай. Наибольшая громкость может получаться при положении подстроечного кольца на катушке контура на самом верху и при перемещении подстроечного кольца на катушке гетеродина вплотную к основной секции. Это будет показывать, что емкость сопрягающего конденсатора мала и ее необходимо увеличить. Достигается это путем подпайки параллельно этому конденсатору дополнительного конденсатора небольшой емкости.

Закончив с подстройкой конца средневолнового диапазона, переходят к подстройке начала этого диапазона.

Для этого находят станцию уже в начале диапазона и вращением подстроечного конденсатора находят положение резонанса. Если емкость конденсатора окажется для этого недостаточной, параллельно ему присоединяют конденсатор емкостью 10—15 *пф*. Найдя резонанс в начале диапазона, снова перестраивают приемник на конец диапазона и восстанавливают резонанс передвижением подстроечного кольца на катушке контура. Затем опять подстраиваются в начале диапазона изменением емкости и в конце диапазона изменением индуктивности катушки. Такую подгонку настройки делают до тех пор, пока не получится точный резонанс в обоих настроечных точках.

Настройка диапазона длинных волн производится аналогичным способом, т. е. сначала настраивают конец диапазона передвижением подстроечных колец на соответствующих катушках или подбором соответствующего сопрягающего конденсатора, а затем настраивают начало диапазона. Эти операции повторяют до тех пор, пока не получат резонанса в обеих точках.

Наконец, приступают к настройке коротковолнового диапазона, для чего в 49-метровом вещательном участке, находящемся в конце шкалы, настриваются на какую-нибудь станцию и, сближая или раздвигая витки катушки этого диапазона, добиваются максимальной слышимости этой станции.

Начало коротковолнового диапазона лучше настраивать днем или в ранние вечерние часы, когда в этом участке диапазона слышна работа многих станций.

Настроившись на какую-нибудь станцию этого участка, запоминают громкость ее передачи, затем слегка вращают подстроечный конденсатор; при этом станция немедленно исчезает. Тогда, очень осторожно вращая агрегат переменных конденсаторов, вновь находят эту станцию и сравнивают громкость ее приема с первоначальной. Так поступают до тех пор, пока не убедятся, что больше повысить громкость при помощи подстроечного конденсатора нельзя.

После этого проверяют конец диапазона, не расстроился ли он от изменения емкости подстроечного конденсатора. Если это имеет место, то восстанавливают резонанс передвижением витков катушки. Трогать после этого подстроечный конденсатор уже не надо.

На этом заканчивается настройка контуров супергетеродина.

ОБНАРУЖЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ[1]

В предыдущей статье даны указания по налаживанию любительских радиоприемников при минимальном использовании измерительных приборов.

Ниже излагаются основные правила и порядок систематического исследования любых радиоприемников с помощью более сложных приборов.

Общие методы обнаружения неисправностей. При отсутствии явных и грубых неисправностей, выявляющихся при внешнем осмотре аппарата, нужно испытать его в работе. Схема предварительного испытания приемника

[1] В. К. Лабутин, Книга радиомастера, (Массовая радиобиблиотека) Госэнергоиздат, 1955.

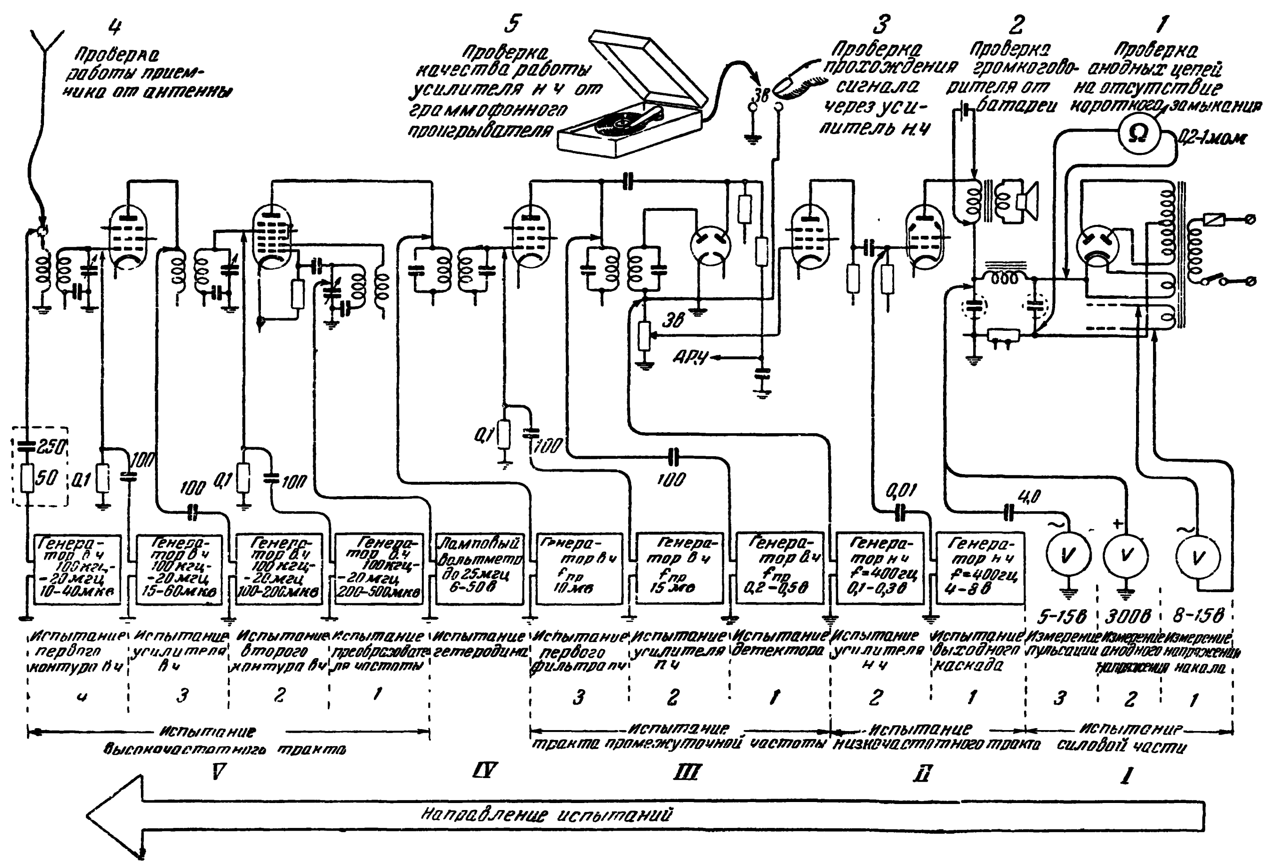


Рис. 1. Порядок проверки работы приемника.

показана на рис. 1 сверху, а последовательность проверки с помощью генераторов высокой и низкой частот дана на том же рисунке снизу.

Перед включением под напряжение надо проверить аппарат на отсутствие в нем короткого замыкания в анодных цепях. Для этого достаточно снять заднюю крышку приемника и отрицательный полюс анодных цепей взять с гнезда заземления, шасси, металлических корпусов деталей или экранов, положительный же полюс можно взять с лепестков выходного или силового трансформатора, электролитических конденсаторов сглаживающего фильтра или панельки кенотрона. Поскольку в этих цепях могут быть применены электролитические конденсаторы, омметр надо присоединять, соблюдая полярность анодной цепи. Исследуемый приемник или усилитель можно включить под напряжение, если омметр покажет сопротивление не менее десятков тысяч ом, причем источник питания (или штепсельная розетка) должен быть защищен плавким предохранителем.

При включении приемника могут сразу выявиться очевидные неисправности, например: самовозбуждение, проявляющееся в виде издаваемого громкоговорителем свистящего или урчащего звука, сильное прослушивание фона переменного тока и т. п. Наиболее неприятным дефектом является самовозбуждение (о методах обнаружения и устранения причин его см. на стр. 232). Но чаще при первом включении неисправные приемники не издают никаких звуков, внушающих подозрения. Тогда нужно присоединить антенну и, если приемник молчит или работает слабо, проверить его низкочастотную часть, прикоснувшись металлическим предметом или просто пальцем к сеточному колпачку входной лампы усилителя низкой частоты или к сеточному гнезду звукоснимателя: при исправном усилителе низкой частоты в громкоговорителе должно появиться гудение фона переменного тока. Если приемник или усилитель молчит, надо проверить исправность выпрямителя.

Типичные неисправности силовой части сводятся к следующему:

1. Отсутствуют анодное и накальное на-

пряжения из-за неисправности предохранителя, выключателя или переключателя сетевого напряжения, а также из-за обрыва в цепи первичной обмотки силового трансформатора. В приемниках универсального питания это может быть из-за перегорания нити накала любой лампы или из-за обрыва в цепи накала (например, при отсутствии контакта в ламповых панельках).

2. Напряжение накала понижено или повышено из-за неправильной установки переключателя сетевого напряжения или в результате замыкания части витков в трансформаторе.

3. Отсутствует анодное напряжение по причине выхода из строя вентиля, конденсатора сглаживающего фильтра или конденсатора, блокирующего высоковольтную обмотку силового трансформатора.

4. Анодное напряжение понижено из-за потери эмиссии кенотроном, большой утечки у сглаживающих пульсацию конденсаторов и неисправности высоковольтной обмотки силового трансформатора.

5. Большая пульсация выпрямленного напряжения из-за неисправности конденсаторов сглаживающего фильтра.

Более сложные неисправности в силовой части приемника встречаются редко, при них нужно подвергнуть все детали выпрямителя всесторонним испытаниям.

Покаскадную проверку приемника при полном его бездействии или при недостаточности отдаваемой им мощности начинают с громкоговорителя (испытание с помощью батареи или звукового генератора).

Затем исследуют оконечную лампу, подавая на ее сетку (параллельно сеточному сопротивлению или трансформатору) незначительное (порядка нескольких вольт) переменное напряжение. Подобным же образом, но только еще меньшими напряжениями испытывают входные каскады низкочастотной части приемника.

Всякий раз при переходе к предыдущему каскаду для достижения прежней громкости на выходе подаваемое от генератора напряжение должно уменьшаться в 10—100 раз. Если при переходе к какому-нибудь предыдущему каскаду напряжение генератора приходится увеличивать, то это говорит о неисправности данного каскада.

Приближение к неисправному месту в каскадах промежуточной и высокой частот начинают тоже в направлении от конца к началу, т. е. от детектора к антенне. При этом частоту модулированного сигнал-генератора устанавливают в соответствии с собственной частотой колебательных контуров промежуточной и высокой частот и напряжение от генератора подводят к сеткам соответствующих ламп. Прекращение прохождения сигнала или отсутствие усиления какого-либо каскада и определяет участок схемы или каскад, в которых нужно искать повреждение.

Наиболее распространенными причинами появления искажений являются: неисправность громкоговорителя, замыкание части витков первичной обмотки выходного трансформатора, выделение газа в оконечной лампе (в стеклянном баллоне при этом видно яркое голубое свечение), неподходящее напряжение сеточного смещения или обрыв в сеточной цепи одной из ламп усилителя низкой частоты и перегрузка этого усилителя из-за плохой работы системы АРУ. Путем поочередного испытания громкоговорителя, оконечной лампы предварительных каскадов усиления низкой частоты (от звукового генератора) и затем всего усилителя низкой частоты (от проигрывателя), а также каскадов усиления промежуточной частоты, преобразователя, усилителя высокой частоты и входных антенных цепей (от модулированного сигнал-генератора) определяют вносящий искажения каскад.

Неисправность высокочастотных генераторов (в том числе гетеродинов приемников) определяется измерением ламповым вольтметром или электронно-оптическим индикатором (рис. 6) амплитуды генерируемых ими колебаний на всех участках всех диапазонов.

Определив неисправный каскад, нетрудно уже обнаружить и неисправную в нем деталь.

В основе дальнейших испытаний, имеющих целью выявление неисправной детали, лежат два метода: измерение рабочего режима ламп и исследование каскада на рабочих частотах.

Измерение рабочего режима ламп. Под рабочим режимом лампы понимается совокупность приложенных к ее электродам постоянных напряжений и проходящих в их цепях постоянных токов. Для каждой лампы того или

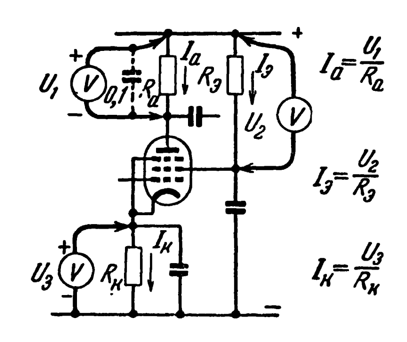


Рис. 2. Измерение токов вольтметром.

иного каскада конкретного приемника, усилителя или другого аппарата существует определенный оптимальный режим, в расчете на который сконструирован данный аппарат; этот режим оговаривается изготовляющим аппарат заводом.

Для измерения токов в цепях электродов достаточно измерить напряжение на них и подсчитать токи по закону Ома.

При пользовании амперметрами в цепях высокой и низкой частот их надо включать ближе к заземленному по переменному току полюсу катушек, трансформаторов, сопротивлений и т. п. При измерении постоянного тока амперметры должны блокироваться конденсатором 0,005—0,05 *мкф* в цепях высокой частоты и 0,1—1 *мкф* в цепях звуковой частоты.

Чтобы судить об истинных значениях напряжений, измерять напряжения на электродах ламп нужно только относительно катода и обязательно высокоомным вольтметром. Особенно трудно измерение истинных напряжений на управляющих сетках, так как в их цепи обычно включаются сопротивления порядка 1 *Мом.* При наличии таких сопротивлений измерять напряжение на сетке можно только ламповым вольтметром постоянного тока с входным сопротивлением не ниже 10—15 *Мом.* Если же такого вольтметра нет, то приходится довольствоваться измерением напряжения сеточного смещения авометром с сопротивлением 5 000 — 20 000 *ом* на вольт на том сопротивлении, где оно выделяется (в цепи катода лампы или в цепи общего минуса). Вообще чем больше сопротивление, на котором надо измерять напряжение, тем больше должно быть внутреннее сопротивление измерительного прибора. Если у вольтметра имеется несколько пределов измерений, то у наибольшего из них и внутреннее сопротивление всегда наибольшее.

Существенные отклонения (более, чем на 10—20%) измеренных напряжений и токов от оговариваемых заводом-изготовителем свидетельствуют о неисправности или соответствующих ламп или других деталей, от которых зависит режим питания ламп (при условии исправности силовой части и номинальном напряжении питающей сети или батарей).

Все лампы, режим которых нарушен, необходимо сразу же проверить. Для этого можно воспользоваться специальным испытателем ламп или другим заведомо исправным приемником, на котором и проверить работоспособность ламп. Если такой возможности нет, то все подозреваемые лампы следует заменить другими, не вызывающими сомнений, и вновь проверить рабочий режим этих каскадов. Сохранение прежних отклонений в рабочем режиме ламп укажет на то, что подозрения с ламп можно снять и надо переходить к выявлению неисправностей в других деталях.

В результате проверки рабочего режима ламп можно быстро установить такие неисправности, как изменение сопротивлений в анодной цепи и цепи экранирующей сетки, изменение сопротивления смещения, пробой конденсатора, блокирующего на землю любой из электродов, обрыв в анодной катушке или дросселе и т. п.

В усилителях низкой частоты при измерении рабочего режима ламп проверяются почти все детали; непроверенными остаются только разделительный конденсатор, связывающий анод предшествующей лампы с управляющей сеткой следующей лампы, сопротивления в цепи управляющей сетки и цепи отрицательной обратной связи, которые можно испытать отдельно при выключенном питании.

Проверить изоляцию разделительного конденсатора C_c при отсутствии мегомметра можно следующим образом (рис. 3). Сначала надо вынуть из панельки лампу следующего после него каскада и присоединить параллельно ее сеточному сопротивлению R_c чувствительный миллиамперметр (со шкалой до 100 *мка*), а затем включить питание. В первый момент стрелка прибора может слегка отклониться (при заряде конденсатора), но затем она должна вернуться точно на нуль. Если этого не получается, то конденсатор дает утечку, которая уменьшает отрицательное смещение следующей лампы и искажает ее режим. Приведенный способ проверки разделительного конденсатора на утечку применим к любому конденсатору, присоединенному одним концом непосредственно или через сопротивление к плюсу высокого напряжения.

Для этого микроамперметр (со шкалой до 50—100 *мка*) должен включаться через ограничительное сопротивление в несколько десятков ком в разрыв одного из подходящих к конденсатору проводов.

Измерение рабочего режима ламп производится не только с целью обнаружения неисправных деталей, но является также необходимейшей операцией при испытании смонтированного аппарата. Если при этом получаются отступления от задан-

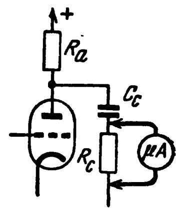


Рис. 3. Испытание разделительного конденсатора C_c на утечку.

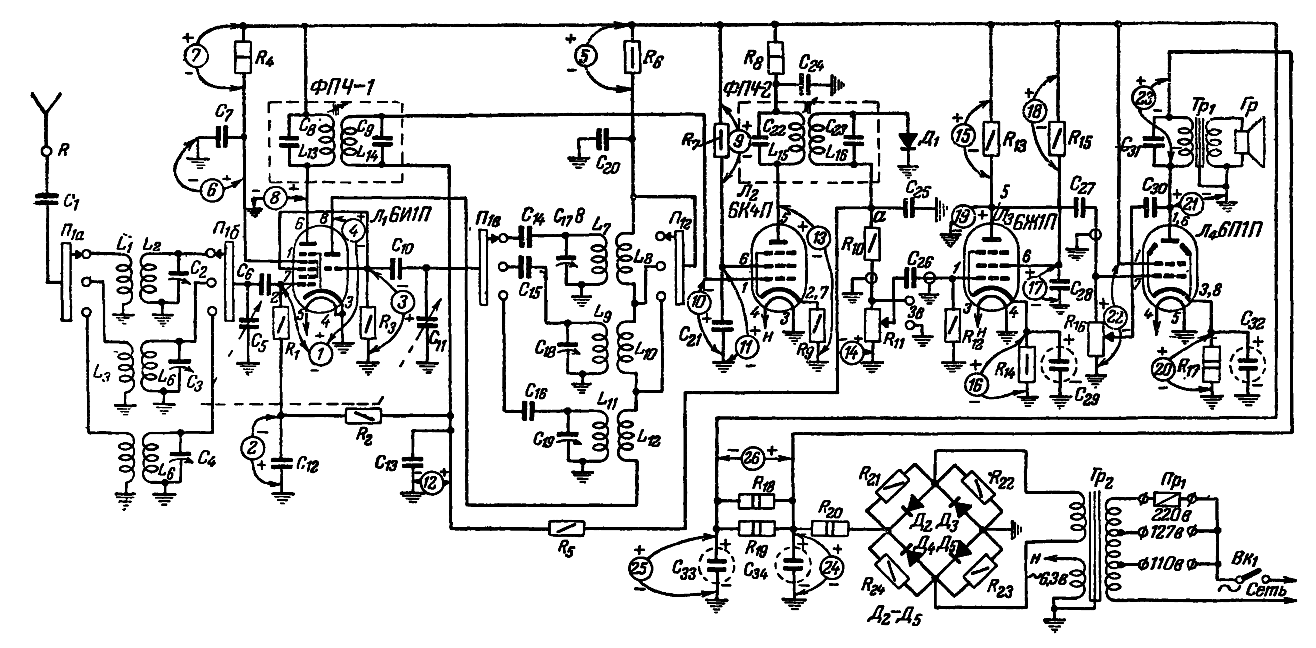


Рис. 4. Измерение постоянных напряжений в супергетеродинном приемнике.

1—на управляющей сетке лампы 6И1П (ламповый вольтметр, шкала 10 *в*); *2*—АРУ на управляющей сетке лампы 6И1П (ламповый вольтметр, шкала 5—50 *в*); *3*—на гетеродинной сетке лампы 6И1П (ламповый вольтметр, шкала 5—50 *в*); *4*—на аноде гетеродина лампы 6И1П (вольтметры типов ТТ-1, Ц-20, шкала 200 *в*); *5*—на сопротивлении в аноде гетеродина лампы 6И1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 50—100 *в*); *6*—на экранной сетке лампы 6И1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 200 *в*); *7*—на сопротивлении в цепи экранной сетки лампы 6И1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 200 *в*); *8*—на аноде лампы 6И1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 *в*); *9*—на сопротивлении в цепи экранной сетки лампы 6К4П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 200 *в*); *10*—на управляющей сетке лампы 6К4П (ламповый вольтметр, шкала 5—50 *в*); *11*—на экранной сетке лампы 6К4П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 200 *в*); *12*—АРУ на управляющей сетке лампы 6К4П (ламповый вольтметр, шкала 5—50 *в*); *13*—на аноде лампы 6К4П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 *в*); *14*—АРУ (ламповый вольтметр, шкала 5—50 *в*); *15*—на сопротивлении анодной нагрузки лампы 6Ж1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 100—300 *в*); *16*—на катоде лампы 6Ж1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 10 *в*); *17*—на экранной сетке лампы 6Ж1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 200 *в*); *18*—на сопротивлении в цепи экранной сетки лампы 6Ж1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 200 *в*); *19*—на аноде лампы 6Ж1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 *в*); *20*—на катоде лампы 6П1П (вольтметр типа ТТ-1 шкала 50 *в*); *21*—на аноде лампы 6П1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 *в*); *22*—на экранной сетке лампы 6П1П (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 *в*); *23*—на первичной обмотке выходного трансформатора (вольтметр типа ТТ-1, шкала 50 *в*); *24*—на первом конденсаторе фильтра выпрямителя (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 *в*); *25*—на втором конденсаторе фильтра выпрямителя (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 *в*); *26*—на сопротивлении фильтра выпрямителя (вольтметр типа ТТ-1, шкала 300 *в*.

ного режима более чем на 10—15%, то заменой соответствующих сопротивлений необходимо подогнать все напряжения до нормы.

На рис. 4 приведена схема измерения постоянных напряжений в супергетеродине.

Методы обнаружения и устранения неисправностей, вызванных наличием паразитных связей. Наряду с неисправностями деталей в радиоаппаратуре могут наблюдаться повреждения, вызванные наличием паразитных связей, что приводит чаще всего к искажениям, затягиванию [1], свистам, самовозбуждению и появлению фона переменного тока. Устранение этих неисправностей довольно часто представляет большие трудности, и успех дела сплошь и рядом зависит исключительно от опытности радиомастера. Изложенные выше методы систематического отыскания неисправностей в этих случаях применимы лишь отчасти и далеко не всегда дают исчерпывающий ответ о причине неисправности.

Фон переменного тока. Причины, приводящие к появлению фона переменного тока, делятся на три основные группы: 1) попадание по цепям питания переменного тока в каскады низкой частоты; 2) влияние электрического и магнитного полей на низкочастотные цепи, обусловленное неудачным расположением отдельных проводов и деталей, и 3) наложение фона на высокочастотные цепи или модулирующий фон, слышимый только при настройке приемника на радиостанцию.

Наличие постоянно слышимого фона говорит о том, что он накладывается тем или иным путем на низкочастотные цепи приемника. По-

[1] Явление затягивания состоит в отклонении частоты колебаний гетеродина от резонансной частоты его колебательного контура, возникающем из-за наличия паразитной связи между входными контурами и цепями гетеродина или из-за влияния режима смесителя (изменяющегося при настройке на мощные передатчики) на режим гетеродина. Затягивание сказывается в непостоянстве градуировки шкалы настройки приемника.

этому прежде всего следует проверить, достаточно ли сглаживается пульсация переменного тока фильтром выпрямителя. Для этого выверенный высоковольтный конденсатор емкостью 10—20 *мкф* (желательно на 1 000—1 500 *в*) присоединяют параллельно сначала ко второму, а потом к первому конденсатору сглаживающего фильтра ремонтируемого приемника или усилителя (при некоторых схемах выпрямителей присоединение дополнительного конденсатора параллельно второму конденсатору может усилить фон переменного тока, но тогда увеличение емкости первого конденсатора ослабляет его). Если это дает желаемый эффект, то нужно заменить один или оба конденсатора сглаживающего фильтра или увеличить емкость конденсаторов в анодных или сеточных развязывающих фильтрах.

Если же такое мероприятие не вызывает заметного ослабления фона, то скорее всего имеет место вторая причина. Чтобы быстро обнаружить, в каком низкочастотном каскаде накладывается фон, вынимают одну за другой все лампы, начиная с входной и вплоть до предоконечной, и следят, при вынимании какой из них прекращается фон. Лампы оконечных каскадов при включенном питании вынимать нельзя, так как вызванное этим резкое снижение нагрузки выпрямителя приводит к значительному повышению анодного напряжения, что в свою очередь может вызвать пробой конденсаторов сглаживающего фильтра.

Причиной модулирующего фона также может быть плохое сглаживание пульсации напряжений, питающих высокочастотные лампы. Особенно чувствительны к этому входные каскады приемников (усилитель высокой частоты и преобразователь), а также гетеродин, в связи с чем для питания этих каскадов иногда устраивают дополнительную ячейку сглаживающего фильтра. Модулирующий фон переменного тока, прослушиваемый только при приеме местных станций, легко устраняется блокированием анода кенотрона на его катод или на землю (рис. 5), а также блокированием плеч повышающей обмотки трансформатора конденсаторами *C* емкостью 0,005—0,01 *мкф*; рабочее напряжение этих конденсаторов должно быть не меньше утроенного напряжения плеча повышающей обмотки силового трансформатора (1 000 — 1 500 *в*).

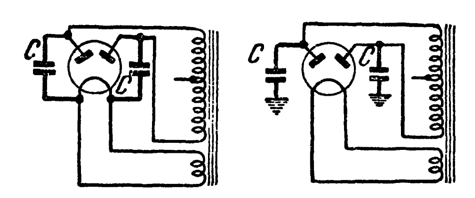


Рис. 5. Устранение модулирующего фона.

Особо надо отметить способы устранения фона в аппаратуре с лампами прямого накала при питании их нитей переменным током. Тут необходимо точное симметрирование цепи накала, что не всегда обеспечивается устройством отвода средней точки накальной обмотки. Более эффективной мерой является включение между выводами нити низкоомного потенциометра, ползунок которого нужно рассматривать как вывод от катода лампы. Точное симметрирование нити осуществляется при включенном питании на слух установкой движка потенциометра в положение, при котором меньше всего слышен фон переменного тока.

Самовозбуждение. Для определения самовозбуждения сначала надо внимательно прослушать работу приемника или усилителя при различных установках его органов управления (регуляторов громкости, тембра, настройки). По характеру звуков, вызванных самовозбуждением, и по влиянию, оказываемому различными регуляторами, часто можно определить характер паразитных связей, приведших к самовозбуждению, и их очаг.

Так, например, звук, напоминающий шум моторной лодки, свидетельствует о самовозбуждении низкочастотного усилителя, вызванном связью его каскадов через общие цепи анодного питания. Для его устранения надо усилить развязку анодных цепей этого усилителя.

Звенящий вой, появляющийся при громком приеме коротковолновых станций и изменяющийся от постукивания по корпусу приемника, свидетельствует об акустическом влиянии громкоговорителя на вибрирующие детали гетеродинного контура. Для борьбы с этим явлением надо обнаружить вибрирующую деталь (последовательным постукиванием резиновым молоточком по всем деталям, проводам и лампам в схеме гетеродина) и прочнее закрепить или, наоборот, амортизировать вибрирующую деталь. Могут также потребоваться замена отдельных деталей (лампы, блока конденсаторов переменной емкости) и амортизация громкоговорителя или шасси.

Сильные свисты, сопровождающие прием каждой станции на всех диапазонах, свидетельствуют о самовозбуждении усилителя промежуточной частоты (при этом теневой сектор электронно-оптического индикатора настройки, даже при отсутствии приема, в большей или меньшей мере сужен).

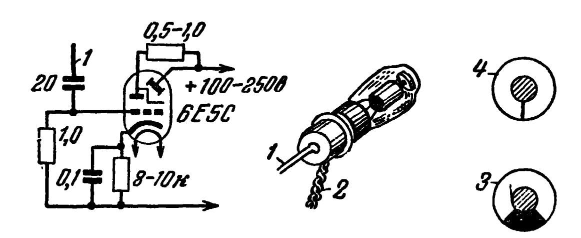


Рис. 6. Электронно-оптический индикатор.
1—короткий щуп; 2—шланг питания; 3—колебаний нет; 4—колебания есть.

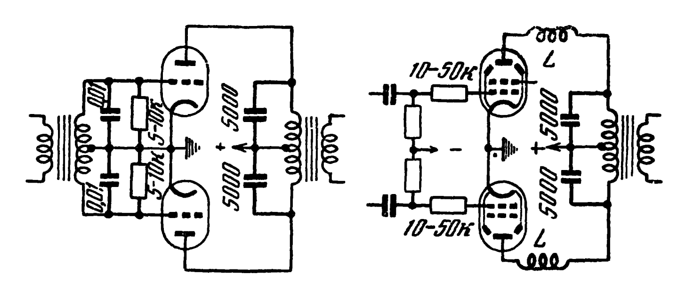


Рис. 8. Устранение самовозбуждения в двухтактном каскаде усилителя низкой частоты.
L=10—50 витков реостатной проволоки.

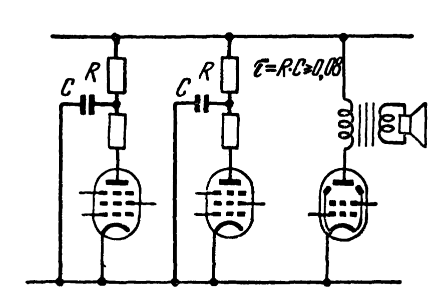


Рис. 7. Устранение моторного шума.

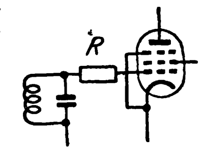


Рис. 9. Включение защитного сопротивления. Сопротивление R надо располагать у ввода сетки. В каскадах высокой и промежуточной частот $R = 300 \div 5\,000$ *ом*; в каскаде низкой частоты $R = 10 \div 200$ *ком*; в каскаде гетеродина $R = 100 \div 500$ *ом*.

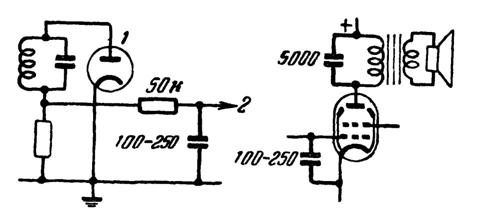


Рис. 10. Предотвращение высокочастотной обратной связи от каскада низкой частоты.
1—детектор; 2—к усилителю низкой частоты.

Для обнаружения очага самовозбуждения пригоден способ поочередной проверки каскадов изъятием предшествующих очагу самовозбуждения ламп. Если, например, самовозбуждение не прекращается после вынимания всех ламп высокочастотной части приемника вплоть до последнего каскада усиления промежуточной частоты, а после вынимания входной лампы усилителя низкой частоты оно пропадает, то паразитная связь обусловлена воздействием какой-либо цепи на входную цепь низкочастотного усилителя.

Важно выявить не только, на какую цепь действует нежелательное влияние, но и какая цепь его производит. Для этого применим способ изменения реактивности последующих цепей, который заключается в том, что к анодным нагрузочным сопротивлениям ламп, начиная с выхода приемника, присоединяется поочередно конденсатор большей или меньшей емкости, и так постепенно приближаются к очагу самовозбуждения, который обнаруживается по изменению частоты самовозбуждения или по полному его прекращению. Предположим, что присоединение конденсатора к выходному трансформатору уменьшило только громкость, не изменив характера самовозбуждения. Это значит, что оконечный каскад не охвачен самовозбуждением и цепь, создающую нежелательное воздействие на вход усилителя, надо искать до него. Но если, например, при подключении конденсатора параллельно первичной обмотке выходного трансформатора самовозбуждение снимается или изменяется его характер, то или эта цепь, или последующая (цепь вторичной обмотки выходного трансформатора) оказывают влияние на входную цепь усилителя. Определив, между какими двумя цепями происходит вредное взаимодействие, нетрудно внимательным осмотром их монтажа найти место взаимосвязи и экранированием или частичным изменением монтажа цепей устранить самовозбуждение. Последнее на высокой частоте далеко не всегда проявляется в виде постоянно слышимого в громкоговорителе постороннего звука; чаще о нем можно судить по наличию громких свистов при настройке на станцию или по характерным искажениям, резкому снижению громкости и другим специфическим особенностям. Обнаружить такое самовозбуждение можно с помощью лампового вольтметра или электронно-оптического индикатора (рис. 6), который присоединяют последовательно ко всем колебательным контурам исследуемых каскадов.

В табл. 2 дана сводка наиболее часто встречающихся видов самовозбуждения и меры борьбы с ними.

ТАБЛИЦА РАСПРОСТРАНЕННЫХ ВИДОВ САМОВОЗБУЖДЕНИЯ И СПОСОБОВ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Неисправность	Важнейшие причины	Устранение
Беспрерывный свист	Самовозбуждение усилителя низкой частоты из-за наличия связи между его выходом и входом	Разнесение входных и выходных цепей, экранирование входных цепей
Моторный шум	Связь между низкочастотными каскадами через источник анодного питания	Усиление развязывания анодных цепей усилителя низкой частоты (рис. 7)
Сильные искажения при двухтактном усилении низкой частоты	Высокочастотное самовозбуждение усилителя низкой частоты	Применение мер, указанных на рис. 8
Сильные свисты при приеме каждой станции	Самовозбуждение усилителя промежуточной частоты или всего приемника из-за связи выхода с цепями высокой частоты	Разнесение взаимодействующих цепей усилителя промежуточной частоты, экранирование сеточных и анодных проводов усилителя, а также применение мер, указанных на рис. 9 и 10
Сильные свисты и шипение на отдельных диапазонах волн	Паразитная генерация в усилителе высокой частоты, преобразователе или гетеродине	Разнесение взаимодействующих цепей, экранирование их и включение сопротивлений по схеме на рис. 9
Микрофонный вой	Акустическое влияние громкоговорителя на блок конденсаторов переменной емкости или на другие детали гетеродина, в том числе на лампу	Амортизация вибрирующих деталей и громкоговорителя, замена ламп гетеродина или преобразователя частоты
„Капающий" звук	Обрыв или чрезмерное сопротивление цепи управляющей сетки одной из ламп	Устранение обрыва, замена испорченных сопротивлений
Беспрерывный вой в батарейном приемнике	Самовозбуждение усилителя низкой частоты из-за истощения анодной батареи	Включение между зажимами батареи конденсатора 2—10 *мкф*

ЛИТЕРАТУРА

Н. В. Бобров, Радиоприемные устройства (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1958.

Заключительные главы книги посвящены налаживанию и основным испытаниям радиоприемников.

В. Г. Борисов, Юный радиолюбитель (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

В книге имеется глава «Испытание и налаживание радиоприемника».

А. К. Гинцбург, В. А. Локтин и др., Ремонт радиостанций, Воениздат, 1959.

В книге рассматриваются свойства и область применения радиотехнических материалов и деталей и методика ремонта радиостанций.

Кроме этого, книга содержит следующие главы: проверка и ремонт деталей; измерения электрических характеристик при ремонте и проверке радиостанций; ремонт источников электропитания радиостанций; ремонт передатчиков; ремонт приемников.

Справочник радиолюбителя, под ред. В. В. Мельникова, Свердловское книжное издательство, 1960.

Содержит основные сведения по расчету, конструированию и налаживанию радиоприемников, телевизоров, коротковолновых и УКВ любительских передатчиков, магнитофонов, усилителей и другой аппаратуры.

В нем помещены материалы по вопросам радиосвязи, необходимые для радиоспорта, и элементы автоматики.

Значительное внимание уделено вопросам телевидения.

Справочник рассчитан на радиолюбителей, владеющих знаниями в объеме 8—10 классов и опытом радиолюбительской работы.

Р. М. Терещук, Р. М. Домбругов и Н. Д. Босый, Справочник радиолюбителя, изд. 2-е, переработанное и дополненное, Гостехиздат УССР, 1960.

Содержит основные сведения, необходимые радиолюбителям в их работе по расчету, конструированию и налаживанию радиоприемников, телевизоров, магнитофонов, усилителей и другой радиоаппаратуры.

В. К. Лабутин, Книга радиомастера, изд. 2-е, переработанное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Учебное и справочное пособие для радиолюбителей и радиомастеров по ремонту приемников и усилителей. Содержит практические указания по монтажу, ремонту, настройке и испытаниям радиоаппаратуры, а также сведения по математике, техническому черчению, электрорадиотехническим расчетам, радиовещательным приемникам, материаловедению, слесарно-механическим работам, электро- и радиоизмерительной аппаратуре.

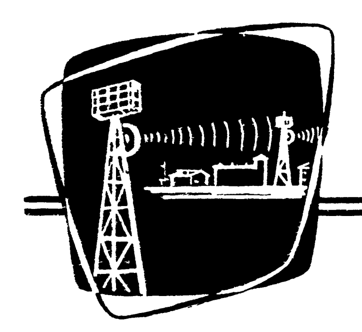
В новое издание включены разделы «Полупроводниковые приборы» и «Телевидение».

Справочник начинающего радиолюбителя, под общей редакцией Р. М. Малинина (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Предназначенный для широких кругов радиолюбителей справочник содержит основные теоретические и практические сведения из области радиотехники, необходимые радиолюбителю в его конструкторской работе. Значительное место в книге отведено практическим схемам радиоприемников и усилителей низкой частоты, советам по налаживанию радиоаппаратуры и устранению неисправностей в ней, а также любительской радиотелефонной связи на УКВ.

Справочник содержит сведения о выпускаемых нашей промышленностью электронных лампах, полупроводниковых приборах, радиодеталях и практические советы по обработке материалов и монтажу радиоаппаратуры. Даются также схемы и описания простых измерительных приборов, элементарные сведения по технике телевидения, электроакустике, звукозаписи и звуковоспроизведению.





Глава двенадцатая

УЛЬТРАКОРОТКИЕ ВОЛНЫ

УКВ [1]

«Ультра» — слово латинское, означающее: более, сверх, а в сложных словах — находящийся за пределами, крайний.

Таким образом, ультракороткие волны — сверхкороткие волны.

Под короткими волнами принято понимать диапазон электромагнитных волн от 50 до 10 *м* (от 6 до 30 *Мгц*).

Волны длиной 10 *м* являются границей, за которой начинается область УКВ.

УКВ подразделяются на:

метровые волны от 10 до 1 *м*, или по частоте от 30 до 300 *Мгц*;

дециметровые волны от 100 до 10 *см*, или по частоте от 300 до 3 000 *Мгц*;

сантиметровые волны от 10 до 1 *см*, или по частоте от 3 000 до 30 000 *Мгц*;

миллиметровые волны от 10 до 1 *мм*.

УКВ — своеобразные и далеко еще не полностью изученные электромагнитные волны. Однако то, что мы уже знаем о них, позволяет говорить о больших возможностях, которые открывают УКВ для дальнейшего прогресса радиосвязи и радиовещания. А современное телевидение вообще немыслимо без ультракоротких волн.

Этот диапазон манит своими просторами. Радиовещательный диапазон от 200 до 2 000 *м* охватывает полосу частот всего 1 350 *кгц* (1 500 — 150 = 1 350 *кгц*), а один лишь метровый диапазон УКВ, т. е. волны от 1 до 10 *м* включительно, занимает полосу частот 270 000 *кгц*. Ведь по мере укорочения волн частотные пределы становятся все более широкими. А чем шире частотные пределы, тем больше станций можно разместить без опасности создания взаимных помех.

Если условиться, что для каждой радиостанции нужен канал 10 *кгц* (а на деле он даже меньше), то в метровом диапазоне УКВ можно разместить 27 000 передатчиков, а в диапазоне от 2 000 до 200 *м* — всего лишь 135. «Теснота в эфире» давно уже стала помехой в развитии радиосвязи и радиовещания.

Частотный простор в области УКВ позволяет не только увеличить число радиостанций, но и совершенно по-новому вести радиовещание. Поэтому, например, радиотелефонирование по методу частотной модуляции, требующее широкой полосы частот, и передача телевидения, требующая, как мы узнаем в дальнейшем, линии связи, пропускающей очень широкую полосу частот, возможны только на волнах короче 10 *м*.

В диапазоне УКВ стройно развиваются такие свойства и возможности, которые на других диапазонах осуществляются только частично. Например, здесь имеется полная возможность излучать радиоволны в нужном направлении. Этим прежде всего можно колоссально экономить мощность и работать на таких линиях столь малыми мощностями, которые показались бы на других диапазонах смехотворными. Но главное, что эти свойства УКВ как бы специально предназначены для радионавигационных целей.

Неслучайно и то, что на первых искусственных спутниках Земли как советских, так и американских установлены передатчики, работающие на УКВ. Вызвано это тем, что волны УКВ не отражаются от ионизированных слоев атмосферы Земли и свободно проходят в мировом пространстве. Это подтверждается приемом радиосигналов советских спутников Земли и первых космических ракет. И первая в истории человечества рекордная двусторон-

[1] По разным источникам.

няя радиосвязь Космос — Земля, осуществлявшаяся Ю. А. Гагариным с корабля-спутника «Восток», велась на коротких и ультракоротких волнах.

Большое значение имеет УКВ диапазон и для радиосвязи на небольшие расстояния. В диспетчерской связи сельского хозяйства, службе скорой помощи, маневровой связи на железнодорожном транспорте, связи в пределах аэродромов и морских портов, в пожарной охране и на крупных стройках широко используются ультракороткие волны.

Но в первую очередь ультракороткие волны вносят новые, лучшие качественные показатели в радиовещание.

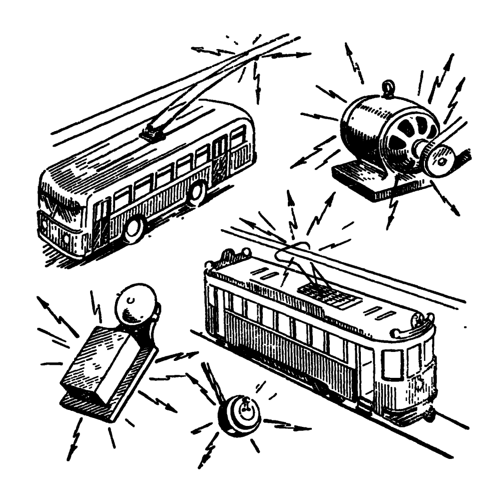
Техника радиовещания еще далека от совершенства: радиоприем часто сопровождается сильными шумами, треском и другими помехами. Эти помехи в значительной степени устраняются при переходе на УКВ. Диапазон УКВ оказывается чистым от атмосферных помех. Конечно, нельзя утверждать, что на УКВ совсем нет помех. Они прежде всего появляются в самом приемнике. Возникновение их объясняется ничтожными электрическими токами, самопроизвольно протекающими во входных цепях приемника. Кроме того, источником помех на УКВ оказались автомобильные двигатели, лишенные защитных электрических фильтров, некоторые системы электрических звонков.

Однако все-таки число помех, их уровень значительно меньше на УКВ, чем на других диапазонах, и эти помехи можно тоже ослабить.

Это достигается применением частотной модуляции (ЧМ).

Частотная модуляция. «Бесшумное радио», «радио без помех» — так называли первые передачи по методу частотной модуляции, которые производились в Ленинграде в 1940 г.

В чем же заключается метод частотной модуляции, почему он гарантирует от помех? Атмосферные и промышленные помехи являются электрическими сигналами с хаотически изменяющейся амплитудой, т. е., к величайшему сожалению, амплитудно-модулированными сигналами. Метод же частотной модуляции предусматривает строгое постоянство амплитуды. Применяются специальные устройства, которые «следят» за тем, чтобы в процессе работы амплитуда высокочастотных колебаний как на выходе передатчика, так и на входе приемника не изменялась.

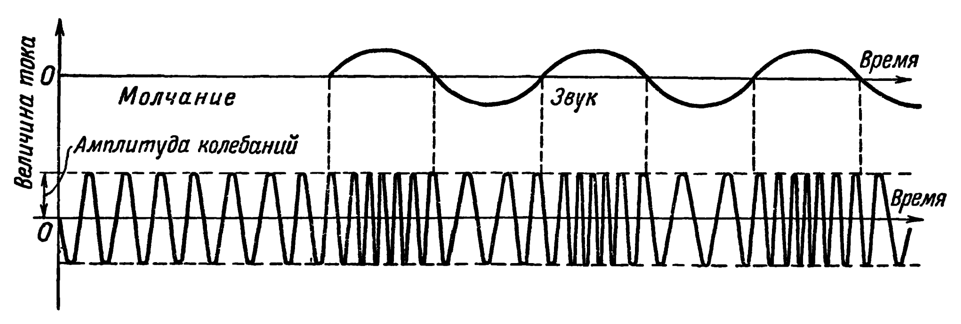


Электрические приборы и установки создают определенный уровень шумов

Если к приемнику частотно-модулированных колебаний поступают сигналы, модулированные по амплитуде, то такой приемник должен ответить на них (и действительно отвечает) полным молчанием. Поэтому-то атмосферные и промышленные помехи не воспроизводятся таким приемником.

Но как же передавать сообщения?, могут нас спросить. К приемнику поступают сигналы совершенно одинаковой силы, одинаковой амплитуды. Что же приведет в действие громкоговоритель?

Безусловно, если излучаемый сигнал постоянен по частоте (неизменная длина волны)



Графическое пояснение частотной модуляции.

и амплитуде, то никаких сообщений он с собой не принесет. А если в такт со звуковыми колебаниями (тока микрофона) менять частоту излучаемых колебаний, тогда как? Удастся ли таким способом осуществить передачу?

Оказывается, вполне удастся. Именно это и составляет принцип частотной модуляции: колебания звуковой частоты модулируют не амплитуду, а частоту. В процессе такой передачи длина волны станции все время меняется, но мощность излучаемой волны остается неизменной.

Приемник частотно-модулированных сигналов имеет особое устройство, реагирующее лишь на изменение частоты принимаемых колебаний. Называется он частотным детектором. Это устройство превращает изменения частоты в соответствующие изменения величины электрического тока. Ток на выходе частотного детектора тем больше, чем в бóльших пределах изменяется частота принимаемого сигнала, чем глубже частотная модуляция. Сколько раз в секунду изменяется частота сигнала, столько же раз за это время изменяется ток на выходе детектора. Иначе говоря, после детектора получаются электрические колебания такой же формы, которые посылались из студии на радиопередающую станцию. К громкоговорителю (как и в обычном радиоприемнике) подводится ток звуковой частоты. Диффузор приводится в колебательное состояние, и мы слышим звуки.

Но в каких пределах изменять длину волны передатчика, на сколько метров (или на сколько герц, если говорить о частоте)?

Теория, в особенности практика, показывает, что для осуществления высококачественного вещания изменения несущей частоты передатчика должны быть сравнительно большими: 50—75 *кгц* в каждую сторону от номинала несущей частоты.

По существующим нормам при амплитудной модуляции для радиовещательных станций отводится канал шириной 9 *кгц*. Для осуществления передачи частотно-модулированными колебаниями ширина канала увеличивается в 16—17 раз.

Во всем радиовещательном диапазоне (от 200 до 2 000 *м*) не хватило бы места и для десятка таких радиостанций, но в диапазоне метровых волн места для них сколько угодно. Поэтому-то ЧМ и применяется в УКВ диапазоне. Во всех радиовещательных передатчиках в диапазонах длиннее УКВ применяется амплитудная модуляция, так как она более «экономно» загружает диапазон волн, чем модуляция частотная.

Но ЧМ не только снижает уровень помех, но и увеличивает дальность высококачественной передачи.

Частотная модуляция широко применяется, кроме радиовещания, и для военной радиосвязи. Подавляя многочисленные помехи от систем зажигания автомашин, танков и самолетов, она тем самым увеличивает надежность радиоприема. Ультракоротковолновые пере-

датчики становятся в этом случае еще более компактными, так как от них требуется незначительная мощность.

В пределах видимости. Ультракороткие волны преимущественно распространяются лишь в пределах прямой видимости наподобие лучей света и ограничены расстоянием от 70 до 120 *км.* Поэтому-то антенны УКВ передатчиков стараются поднять как можно выше; да и повыше стараются ставить свои антенны владельцы телевизоров, живущие за пределами городов, где расположены телецентры.

Дальность действия УКВ передатчиков мала в сравнении с обычными радиовещательными станциями. Это плохо. Но это и хорошо: на одних и тех же волнах может работать значительно большее количество радиостанций. Одна волна может быть у Москвы и Киева, у Горького и Харькова, не говоря уже о более отдаленных друг от друга городах, и мешать друг другу они не будут. УКВ радиостанции с небольшим радиусом действия могут быть значительно менее мощными, чем радиостанции длинноволновые или средневолновые.

Дальность действия УКВ передатчика может быть расширена, если увеличить его мощность и высоту антенны. Обычно зона обслуживания такого передатчика мощностью 5—10 *квт* ограничена 100 *км.* При благоприятном профиле местности и достаточно высокой антенне приемника дальность может быть увеличена до 200—300 *км.* Но при наших пространствах этого, конечно, недостаточно. Поэтому возникла необходимость в создании ретрансляционных пунктов, расположенных на расстоянии 100—150 *км* друг от друга. Областные и районные центры, принимая, например, программу столичного передатчика, будут транслировать через местный передатчик принятую передачу для областного города или своего района.

Ретрансляционные пункты построены уже в ряде мест для приема телевидения. Они принимают программы ближайшей центральной станции и транслируют их в радиусе до 6—15 *км.* Если, например, для приема телевидения за 200 *км* от Киева (в Гомеле) нужны были дополнительные усилители и сложные антенны, то с постройкой ретрансляционной станции можно принимать киевские передачи на обычные телевизоры с простыми антеннами.

Радиорелейные линии. Однако создание ретрансляционных станций не решает полностью проблемы передачи на значительные расстояния. Эта проблема решается с помощью радиорелейных линий связи. Здесь играет роль еще одна особенность ультракоротких волн — направленность излучения. На



Радиорелейная линия.

дециметровых и сантиметровых волнах получается остронаправленный прием с легкими, компактными антеннами или посредством одного вибратора с металлическим зеркалом.

Вообще по мере укорочения волн излучающие устройства все более и более напоминают оптические рефлекторы.

Преимущество направленной передачи можно иллюстрировать таким примером. На дециметровых волнах радиостанция мощностью 2 *вт* при несложной передающей антенне с остронаправленным излучением может создать в приемной антенне сигнал такой же силы, что и станция мощностью 2 *квт* с круговым излучением.

Простое разрешение проблемы направленности на УКВ послужило одной из причин применения этих волн для радиолокации, нуждающейся в приборах резко направленного действия.

Но вернемся к радиорелейным линиям связи.

Значение радиорелейной связи уже неоднократно подчеркивалось в решениях партии и правительства.

Что же представляет собой радиорелейная линия связи? Это цепочка приемно-передающих радиостанций, работающих на дециметровых волнах. В данной цепи две оконечные радиостанции непосредственно обслуживают корреспондентов, а промежуточные предназначаются для приема сигналов от предыдущей станции и автоматической передачи (ретрансляции) их на следующую станцию подобно эстафете.

Промежуточные ретрансляционные станции управляются посредством сигналов, посылаемых с одного или другого конца линии.

Так как антенны соседних станций должны находиться в пределах видимости, радиостанции устанавливаются через каждые 50—60 *км* и имеют мачты высотой 50—70 *м*.

Каждая оконечная установка имеет радиопередатчик и радиоприемник, необходимые для одновременной передачи и приема сигналов.

Передача и прием производятся на разных волнах, и передатчик поэтому не мешает работе приемника.

Каждая промежуточная установка имеет два передатчика и два приемника, служащих для ретрансляции сигналов в прямом и обратном направлениях.

Большинство станций линии — автоматические. Обслуживающий персонал имеется примерно на каждой десятой станции цепочки.

По одной такой радиорелейной линии можно одновременно вести телеграфные и фототелеграфные передачи, несколько сотен телефонных переговоров, передачу радиовещательных и телевизионных программ. Радиорелейные линии позволят в дальнейшем соединить телефонные сети крупных городов в единую телефонную сеть.

Одной из первых была построена радиорелейная линия связи Москва—Рязань, обслуживающая нужды транспорта. Параболическая антенна Московской станции установлена на 25-м этаже высотного здания у Красных ворот, а на станциях Пески, Бронницы и Рязань поднялись металлические мачты высотой 50—70 *м*. Большое строительство радиорелейных линий развернулось теперь по всей стране.

Занимая промежуточное положение между радиосвязью и связью по проводам, радиорелейные линии связи значительно экономичнее проводной связи. Они не требуют большого количества металла, идущего на провода, и обеспечивают значительно бо́льшую скорость постройки линии при меньшей затрате сил и средств, чем у проводной кабельной линии.

Следует отметить, что все последние достижения радиоэлектроники связаны с применением ультракоротких волн: телевидение, радиолокация, радиоуправление космическими ракетами, радиоастрономия. Но в последнее время кое-что новое открылось и в самих ультракоротких волнах.

Выяснилось, что УКВ могут распространяться не только в пределах прямой видимости.

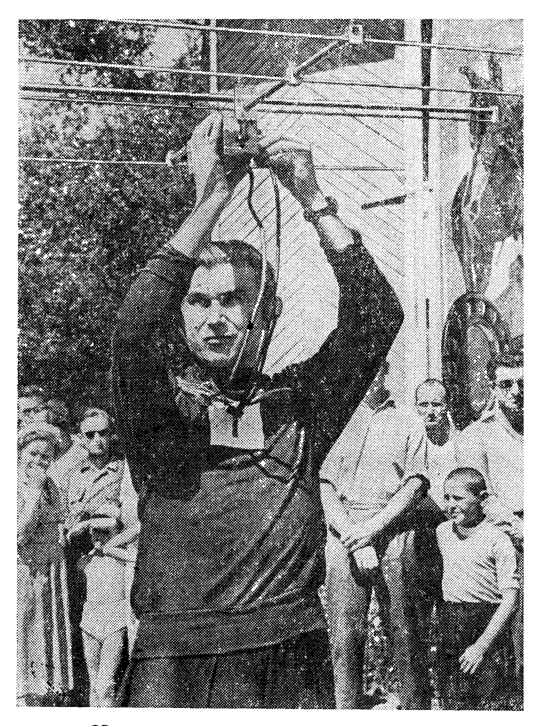
Радиолюбители, занимающиеся телевидением, зарегистрировали много случаев сверхдальнего приема телевизионных передач. Сейчас уже можно назвать ряд экспериментаторов, принимающих на территории СССР передачи иностранных телевизионных центров. Достаточно указать на москвича С. К. Сотникова, принимающего эпизодически телевизионные передачи из Праги, Берлина, Рима, Брюсселя, Лондона, Берна и других городов Европы. Передачи Московского и Ленинградского телецентров нередко смотрят в Западной Европе. Прием этот пока нерегулярен. Это объясняется состоянием ионосферы.

Пока еще не все изучено и ясно в этом вопросе, но налицо новые явления в области распространения УКВ.

«Укависты». В семье советских коротковолновиков наиболее многочисленным и молодежным в своей массе становится отряд ультракоротковолновиков или, как их сокращенно называют, «укавистов». Это объясняется тем, что работа на ультракоротких волнах



На любительской радиостанции супругов Карела и Майны Фехтел (Львов).



Известный „Охотник за лисами". Экс-чемпион СССР Игорь Шалимов.

вполне доступна для начинающих радиолюбителей.

Для любительской связи на УКВ необязательно знание телеграфной азбуки (связи ведутся микрофоном). Разрешение на собственный передатчик можно получить, начиная с 16 лет, а быть оператором школьной УКВ радиостанции можно с 14 лет.

Для работы на УКВ любителям выделены три диапазона: 28—29,7 *Мгц* (десятиметровый), 144—146 *Мгц* (2,0—2,1 *м*) и 420—435 *Мгц* (сантиметровый).

Из этих диапазонов наиболее любопытен десятиметровый. На нем можно вести дальние и местные связи. Любительские УКВ передатчики и приемники обладают небольшим весом, малыми размерами, портативностью. На УКВ можно применять совсем миниатюрные радиостанции.

Представьте себе небольшую коробочку весом 100 *г* — такая радиостанция может обеспечить связь в пределах километра.

Возможности, открываемые для любительской работы на УКВ, многообразны и увлекательны. Здесь и интересная конструкторская работа и заманчивые перспективы дальних связей, а наряду с этим возможности использования своей радиостанции как своеобразного телефона для связи с соседями на одной и той же улице и с друзьями на другом конце города.

Конечно, самое интересное — это участие в соревнованиях, возможности получения спортивных разрядов вплоть до мастера спорта.

Большой популярностью пользуются теперь соревнования «Полевой день». Этот день укависты проводят в поле, на горах и в лесах, совмещая отдых на лоне природы с любимым спортом. Устанавливая свои маломощные станции в горах и в местностях, где почти нет помех, радиоспортсмены добиваются в этот день интересных результатов, особенно по дальним связям.

В последние годы у нас в СССР и в европейских странах получили широкое распространение соревнования «Охота на лис». Это соревнование, в которых «лисами» являются передатчики (КВ и УКВ), а «охотниками»— пеленгирующие их радиоспортсмены, оснащенные приемниками со специальными антеннами направленного действия.

«Лисы» (их обычно бывает три) располагаются в лесу на расстоянии 3—4 *км* друг от друга, а в 3 *км* от первой лисы устанавливается линия старта.

Лисы поочередно дают в течение минуты сигналы «Я лиса первая (вторая или третья)» с интервалом тоже в 1 *мин.*

«Охотников» выпускают каждые 5 *мин*, и выигрывает тот, кто обнаружит последовательно всех лис, начиная с первой. и в наиболее короткий срок.

В этих соревнованиях большое значение имеют умелая «оснастка» охотника, компактность и удобство аппаратуры для быстрого

передвижения, физическая выносливость радиоспортсмена и, конечно, хорошая аппаратура и умелое с ней обращение.

С каждым годом ширится у нас сеть радиокружков в школах и УКВ радиостанций при них.

Московские «укависты» хорошо знают позывной радиостанции УАЗКЦЦ. Это позывной любительской УКВ станции радиокружка школы № 59 имени Н. В. Гоголя — пионера УКВ спорта в школах столицы.

Замечательная работа УКВ радиокружка, руководимого С. М. Алексеевым, подробно описана в книгах С. М. Алексеева «Радио в школе» и «Школьная УКВ радиостанция».

Работа кружка УКВ в школе № 59 идет по следующим направлениям:

1. Работа операторов по установлению связей с другими станциями. Это — спортивная работа. В задачу операторов входят установление наибольшего количества двусторонних связей и на возможно бо́льших расстояниях, ведение аппаратного журнала.

Эта работа позволяет готовить радиолюбителей-разрядников, так как за достижения в области связи на УКВ присваиваются спортивные разряды.

2. Работа остальных членов УКВ кружка по изучению свойств УКВ, дальности действия радиостанции и зависимости прохождения метровых волн от состояния атмосферы, наблюдение за слышимостью школьной радиостанции в разных направлениях. Это — учебная и исследовательская работа.

3. Конструкторская работа. Изготовление походных радиостанций, помощь отдельным членам кружка в постройке собственных радиостанций, разработка и постройка новых радиостанций кружка для работы в других диапазонах УКВ.

4. Массовая работа. Проведение экскурсий учащихся школы на радиостанцию. Обслуживание радиосвязью школьных экскурсий и пионерских походов. Пропаганда УКВ кружка через школьный радиоузел и в стенной газете. Организация школьного радиовечера с демонстрацией аппаратуры и радиосвязи.

Хотелось бы, чтобы такие кружки УКВ, как в школе № 59 имени Н. В. Гоголя (Москва, Старо-Конюшенный пер., 18) были организованы во многих школах. Чтобы к многотысячному коллективу радиолюбителей нашей страны прибавился новый большой отряд энтузиастов УКВ работы, в эфире зазвучали новые сотни позывных коллективных школьных УКВ радиостанций и тысячи укавистов стали двигать вперед технику ультракоротких волн.

АНТЕННЫ ДЛЯ УЛЬТРАКОРОТКИХ ВОЛН[1]

На УКВ работают радиостанции самого различного назначения: радиолокационные, связные, телевизионные, радиовещательные и т. п. На этих же волнах в последнее время начали работать и радиолюбительские приемо-передающие радиостанции.

Приемные и передающие антенны, применяемые на УКВ, значительно отличаются от антенн для длинных, средних и даже коротких волн.

УКВ антенны имеют относительно небольшие размеры при весьма хороших качественных показателях. Внутри УКВ диапазона антенны различных поддиапазонов также резко отличаются друг от друга как по принципу действия, так и по конструкции. Так, например, антенны сантиметрового поддиапазона сильно отличаются от антенн метрового поддиапазона. Между чими трудно найти даже какое-либо внешнее сходство.

Мы будем рассказывать об антеннах, к которым з настоящее время радиолюбители и телезрители проявляют наибольший интерес: об антеннах метрового диапазона (10—1 *м*) и длинноволновой части дециметрового диапазона (1 *м* — 50 *см*). Эти антенны применяются в повседневной практике для приема телевидения и в качестве приемных и передающих антенн связных радиолюбительских УКВ станций.

Выбор и конструирование приемной и передающей антенн — весьма серьезный этап в практике работ радиолюбителя. Поэтому мы хотим рассказать о некоторых важнейших свойствах УКВ антенн, что поможет разумно и обоснованно выбирать антенны для различных УКВ установок.

Направленные свойства УКВ антенн. *Под направленными свойствами* антенн понимают их способность излучать электромагнитную энергию относительно узкими пучками в определенных желаемых направлениях.

Дело в том, что вообще не существует антенн, излучающих электромагнитную энергию равномерно во всех направлениях.

Рассмотрим сначала простейшую и в то же время наиболее распространенную УКВ антенну — симметричный полуволновый вибратор (рис. 1). Этот вибратор состоит из двух расположенных на одной оси металлических стержней. Общая длина вибратора составляет примерно половину длины волны. Расположим вибратор горизонтально, т. е. параллельно земле, и мысленно проведем плоскость перпендикулярно оси вибратора (вертикальную плоскость). В этой плоскости излучаемая мощность распределяется равномерно во всех направлениях. Поэтому говорят, что горизонтальный вибратор является ненаправленным в вертикальной плоскости. В горизонтальной же плоскости излучение является направленным, причем наибольшая мощность излучается перпендикулярно вибратору, а в направлении его оси излучение полностью отсутствует

Соответственно вертикально расположенный вибратор излучает равномерно во всех направлениях в горизонтальной плоскости и неравномерно — в вертикальной.

Для наглядности направленные свойства антенн изображают графически в виде диаграмм направлен-

[1] Написано Л. М. Капчинским.

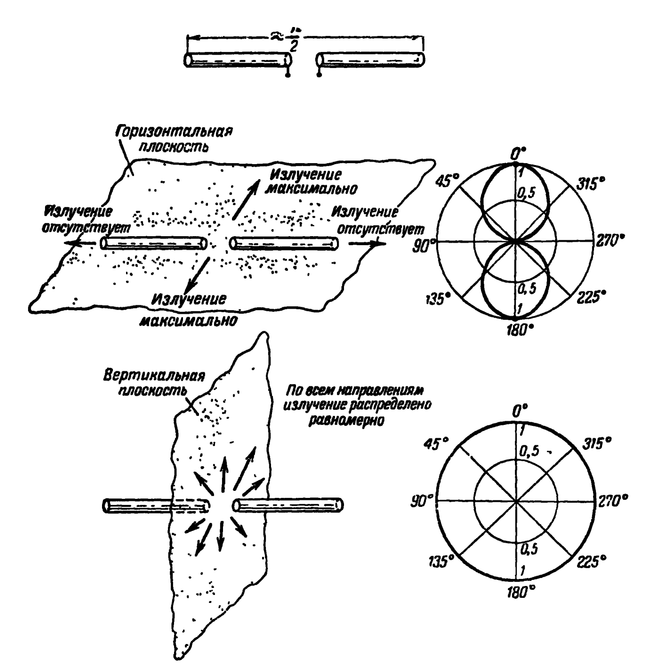


Рис. 1. Диаграммы направленности полуволнового вибратора.

ности в горизонтальной и вертикальной плоскостях (рис. 1). Необходимо подчеркнуть, что диаграмма направленности не дает возможности определить, какую же мощность излучает антенна в определенном заданном направлении, поскольку величина этой мощности зависит не только от формы диаграммы, но и от общей мощности передатчика. Диаграмма направленности антенны характеризует лишь распределение мощности передатчика в пространстве независимо от полной величины этой мощности и определяется только конструкцией антенны.

На рис. 2 изображены для примера некоторые возможные диаграммы направленности УКВ антенн в горизонтальной плоскости.

Антенна, имеющая диаграмму типа *а*, излучает в горизонтальной плоскости равномерно во все стороны. Такую диаграмму должны иметь антенна радиолюбительского передатчика, если направление на корреспондента заранее неизвестно, а также телевизионная передающая антенна.

Диаграммы типов *б* и *в* имеют два симметричных лепестка. Антенны с такими диаграммами излучают одинаково в двух противоположных направлениях.

Часто бывает полезным сконцентрировать излучение только в одном направлении. Тогда нужно воспользоваться однонаправленными антеннами, имеющими диаграммы направленности типа *д*.

Как видно из рисунка, эти диаграммы имеют обычно, помимо основного лепестка, небольшие «задние» или «боковые» лепестки, что указывает на некоторый расход мощности передатчика на излучение в нежелательных направлениях. Отметим, что антенна с диаграммой направленности типа *д* излучает электромагнитные волны более узким пучком и является, следовательно, более направленной. Ширина основного лепестка диаграммы направленности измеряется в градусах и отсчитывается по уровню половинной мощности или 0,7 напряжения (угол α на диаграмме *г*).

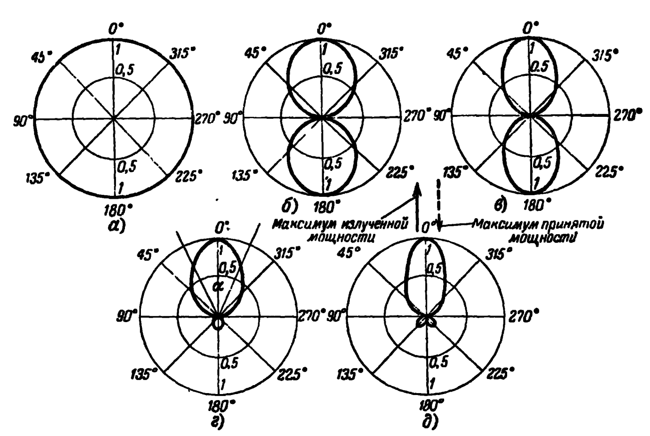


Рис. 2. Различные формы диаграмм направленности УКВ антенн.

Возникает вопрос: как выбрать передающую УКВ антенну с точки зрения формы диаграммы направленности?

Для ответа на этот вопрос необходимо знать, в пределах какого угла может меняться направление от передающей антенны к возможному корреспонденту. Необходимо, чтобы этот угол укладывался в пределах угла раствора основного лепестка диаграммы направленности по уровню половинной мощности.

Заметим, что чем у́же основной лепесток диаграммы направленности и чем меньше задние и боковые лепестки, тем бо́льшая мощность излучаемых волн (при неизменной общей мощности передатчика) излучается в главном направлении и тем больше дальность связи в этом направлении.

Основные типы антенн и соответствующие им диаграммы направленности будут показаны ниже.

До сих пор мы рассматривали передающие антенны. А как обстоит дело с направленными свойствами приемных антенн?

Пусть некоторая антенна используется как передающая для излучения сигналов в пространство и имеет диаграмму направленности, изображенную на рис. 2,*д*. Максимум мощности излучаемых волн соответствует направлению, показанному сплошной стрелкой. Если эту же самую антенну применить для приема, то мощность сигналов, поступающих на вход приемника, будет максимальной, когда сигнал приходит с того же направления (пунктирная стрелка).

Таким образом, оказывается, что диаграмма направленности любой антенны остается неизменной при работе ее как на передачу, так и на прием.

При выборе типа приемной антенны с точки зрения диаграммы направленности нужно учитывать те же соображения относительно необходимого угла раствора диаграммы в горизонтальной плоскости.

Следует еще добавить, что чем у́же основной лепесток диаграммы направленности и меньше боковые лепестки, тем слабее сказываются различные помехи приему (медицинские, индустриальные и т. п.).

Коэффициент усиления УКВ антенн. Приемные и передающие УКВ антенны характеризуются не только диаграммой направленности, но и величиной коэффициента усиления.

Пусть имеются два передатчика одинаковой мощности.

Антенна первого передатчика — полуволновый вибратор (рис. 1), антенна второго передатчика — одно-

направленная с диаграммой, изображенной на рис. 2,*д*. Антенна второго передатчика создает в главном направлении более сильное электромагнитное поле. Это, очевидно, объясняется тем, что, во-первых, антенна второго передатчика излучает только в одну сторону и, во-вторых, концентрирует излучение в более узком пучке. Если антенна второго передатчика создает на определенном расстоянии электромагнитное поле, например, вдвое большей силы (напряженности), то говорят, что эта антенна имеет относительно полуволнового вибратора коэффициент усиления по полю, равный 2.

Коэффициент усиления любой антенны определяют путем ее сравнения с полуволновым вибратором, коэффициент усиления которого условно принят равным единице.

Понятие коэффициента усиления можно распространить и на приемные антенны. При этом коэффициент усиления по полю показывает, во сколько раз увеличивается напряжение на входе приемника при использовании данной антенны по сравнению со случаем использования полуволнового вибратора.

Нужно заметить, что увеличение коэффициента усиления необязательно связано с уменьшением ширины диаграммы направленности в горизонтальной плоскости. Можно увеличить коэффициент усиления приемных и передающих антенн УКВ станций, сужая диаграмму направленности в вертикальной плоскости и не ограничивая тем самым угол, в пределах которого возможна связь.

Фидеры для УКВ антенн. Приемная и передающая антенны связаны соответственно с приемником и передатчиком фидером.

Выбор типа фидера и способа его подключения к антенне — важный момент в процессе конструирования УКВ антенны как для приемо-передающей радиостанции, так и для телевизионного приемника.

В качестве фидеров могут быть применены симметричные кабели, экранированные (РД-13) или неэкранированные (КАТВ), и несимметричные экранированные (кабели РК-1, РК-3, РК-49, и т. п.). На рис. 3 показаны конструкции кабелей различных типов.

Как для телевизионных антенн, так и для антенн приемо-передающих УКВ радиостанций лучше всего использовать несимметричный экранированный кабель. Этот кабель относительно недорог; он может быть прикреплен простейшими скобками непосредственно к любой стене: деревянной, кирпичной и т. п. Кроме того, в случае применения такого кабеля практически исключаются потеря мощности передатчика и искажение диаграммы направленности антенны за счет излучения самого фидера. Могут быть случаи, когда передатчик имеет симметричный выход, а переход на коаксиальный кабель почему-либо невозможен. В таких случаях следует применить экранированный симметричный кабель, а при отсутствии последнего — неэкранированный. Следует иметь в виду, что неэкранированный кабель крепится к стенам с помощью специальных изоляторов.

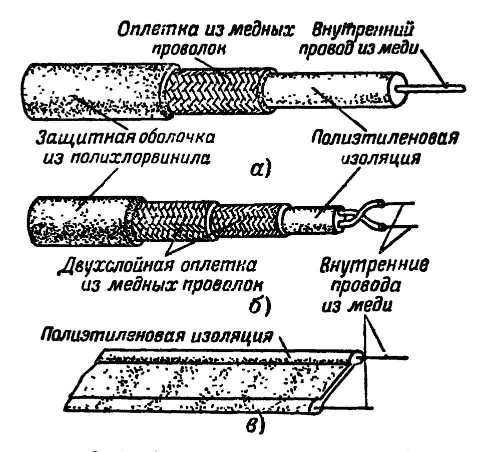


Рис. 3. Кабели, применяемые на УКВ.

а — несимметричный экранированный кабель; *б* — симметричный экранированный кабель; *в* — симметричный неэкранированный кабель.

Подключение фидеров к антеннам различных типов нужно производить только так, как показано на приводимых ниже рисунках. Эти схемы подключения фидеров обеспечивают как симметрирование (при переходе от несимметричного кабеля к симметричной антенне), так и согласование. Неправильное подключение фидера к антенне приводит к уменьшению излученной мощности, а также к частотным искажениям передаваемого и принимаемого сигналов. При приеме телевидения могут появиться специфические искажения в виде повторных контуров изображения.

Типы антенн для любительских радиостанций и приема телевидения. В принципе для любительских приемо-передающих УКВ радиостанций и приема телевидения могут применяться антенны одних и тех же типов. Поэтому целесообразно рассказывать об этих антеннах одновременно, делая в случае необходимости соответствующие оговорки.

Простейшей, наиболее распространенной антенной для любительской УКВ радиостанции и для приема телевидения является полуволновый вибратор (рис. 4).

Полуволновый вибратор может быть использован на любом из 12 телевизионных каналов в диапазоне частот 48,5—230 *Мгц*, а также в радиолюбительских УКВ диапазонах: 28—29,7, 144—146 и 420—425 *Мгц*.

Существуют две основные разновидности полуволновых вибраторов: линейный полуволновый вибратор (рис. 4,*а*) и полуволновый шлейф-вибратор (рис. 4,*б*). По своим электрическим характеристикам оба вибратора являются примерно равноценными; они имеют одинаковые диаграммы направленности и одинаковые коэффициенты усиления. Полоса пропускания шлейф-вибратора несколько шире, однако это не имеет существенного значения, поскольку полоса правильно выполненного линейного вибратора вполне достаточна для пропускания частот любого телевизионного канала, а тем более канала радиолюбительской станции.

Оба вида вибраторов выполняются обычно из трубок (стальных, латунных, медных, дюралюминиевых). Их можно изготовлять также из металлических полосок или уголков. Основные конструктивные размеры их приведены на рис. 4. Под длиной волны λ в случае выполнения вибратора для приема телевидения следует понимать длину волны, соответствующую средней частоте телевизионного канала; в случае же выполнения вибратора для любительской УКВ радиостанции под λ нужно понимать длину волны, соответствующую несущей частоте.

Возможные способы подключения фидеров к линейному полуволновому вибратору приведены на рис. 4,*в*, *г*, *д* и *е*. Схемы на рис. 4,*в* и *г* применяют в случае использования в качестве фидеров несимметричных экранированных кабелей с волновым сопротивлением 75 *ом* (РК-1, РК-3 и т. д.).

В схеме на рис. 4,*в* подключение кабеля производится через U-образное колено из того же кабеля; в схеме на рис. 4,*г* кабель подключается через симметрирующий короткозамкнутый мостик, изготовленный из трубок. Обе схемы являются примерно равноценными, хотя схема, изображенная на рис. 4,*г*, обеспечивает все же пропускание более широкой полосы частот. Схема на рис. 4,*д* применяется в случае использования в качестве фидера симметричного экранированного кабеля

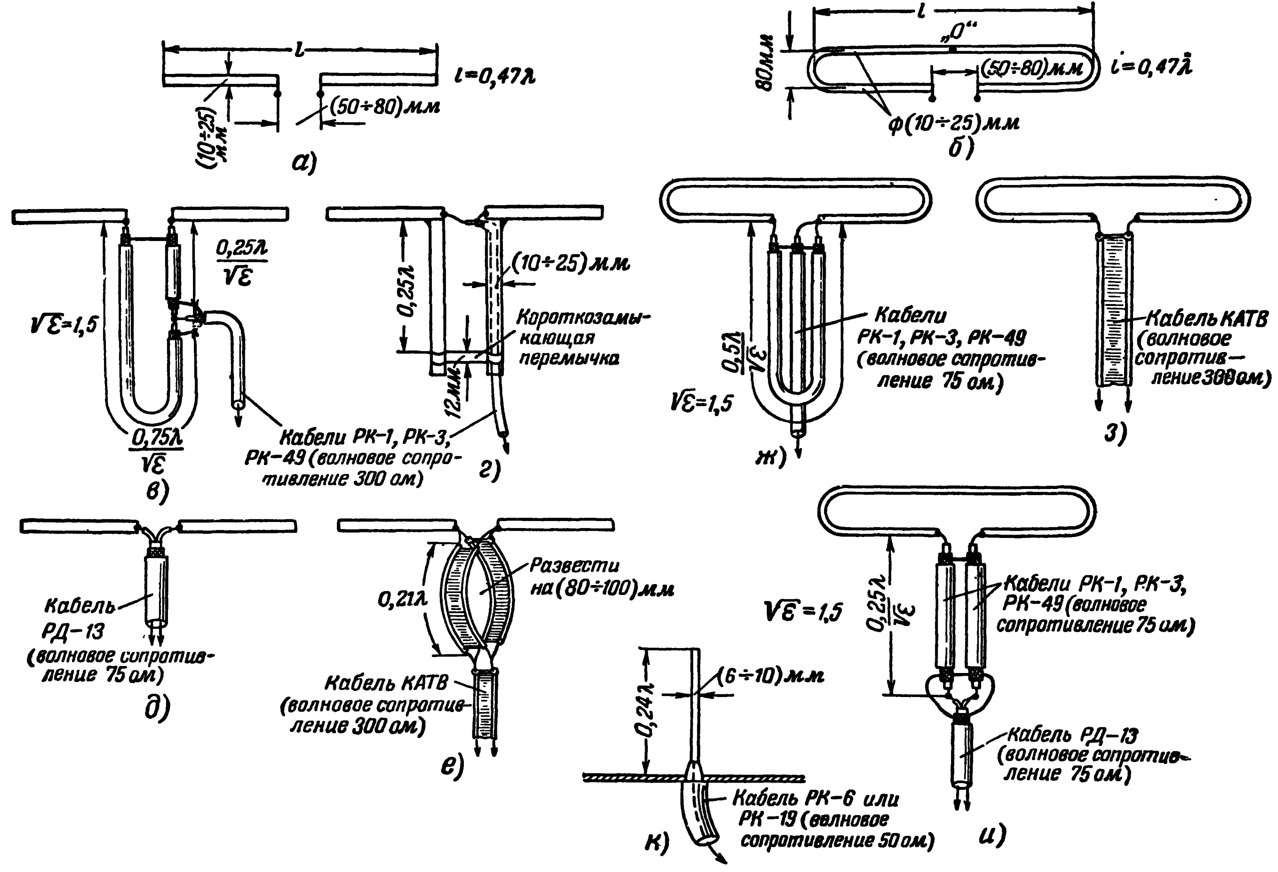


Рис. 4. Схемы подключения кабелей к вибраторам.

а — линейный полуволновый вибратор; *б* — полуволновый шлейф-вибратор; *в* — подключение кабеля через колено; *г* — подключение кабеля через четвертьволновый мостик; *д* — подключение симметричного экранированного кабеля; *е* — подключение симметричного неэкранированного кабеля; *ж* — подключение кабеля через U-колено; *з* — подключение симметричного неэкранированного кабеля; *и* — подключение симметричного экранированного кабеля; *к* — подключение кабеля к несимметричному четвертьволновому вибратору.

РД-13 с волновым сопротивлением 75 *ом*, схема на рис. 4,*е* — в случае использования симметричного неэкранированного ленточного кабеля КАТВ с волновым сопротивлением 300 *ом*.

Возможные способы подключения фидеров к полуволновому шлейф-вибратору (вибратору Пистолькорса) показаны на рис. 4,*ж*,*з* и *и*. Схема на рис. 4,*ж* применяется при использовании несимметричных экранированных кабелей с волновым сопротивлением 75 *ом* (РК-1, РК-3 и т. д.), схема на рис. 4,*з* — при использовании симметричного неэкранированного кабеля с волновым сопротивлением 300 *ом* (КАТВ), схема на рис. 4,*и* — при использовании симметричного экранированного кабеля с волновым сопротивлением 75 *ом* (РД-13).

На рис. 4,*к* показана антенна, называемая четвертьволновым вертикальным вибратором и применяемая обычно в тех случаях, когда антенну можно расположить над большим металлическим листом (например, для автомобильных станций).

Заметим, что для обеспечения согласования кабеля с антенной в схемах на рис. 4,*е* и *и* кабели подключаются через четвертьволновые согласующие трансформаторы, выполненные из отрезков кабеля.

Все рассмотренные схемы подключения фидеров к полуволновым вибраторам с равным успехом могут быть использованы как для передающих, так и для приемных антенн.

Какой вибратор лучше применять: линейный или шлейф-вибратор? Мы уже отмечали, что с точки зрения электрических характеристик оба вибратора примерно равноценны. Поставленный вопрос следует решать, исходя только из конструктивных соображений и наличных материалов. Шлейф-вибратор требует, например, для изготовления вдвое большего расхода трубок. В то же время шлейф-вибратор легко установить на любой мачте — металлической или деревянной, так как его можно прикрепить в средней точке (точка *0* на рис. 4,*б*) непосредственно к мачте с помощью сварки или металлического хомута без всяких изоляторов. Крепление линейного вибратора к мачте требует изоляторов: керамических, пластмассовых, полистироловых или из органического стекла.

В качестве антенн с относительно большим коэффициентом усиления и с лучшими направленными свойствами, чем у полуволнового вибратора, для приема телевидения и для УКВ любительских станций применяют антенны типа «волновой канал», состоящие из нескольких вибраторов.

Простейшая антенна этого типа — двухэлементная — состоит из двух вибраторов (рис. 5,*а*), расположенных в одной плоскости и закрепленных на стреле, которая выполняется из металлической трубы, уголка или деревянного бруса.

В качестве одного из вибраторов, который назы-

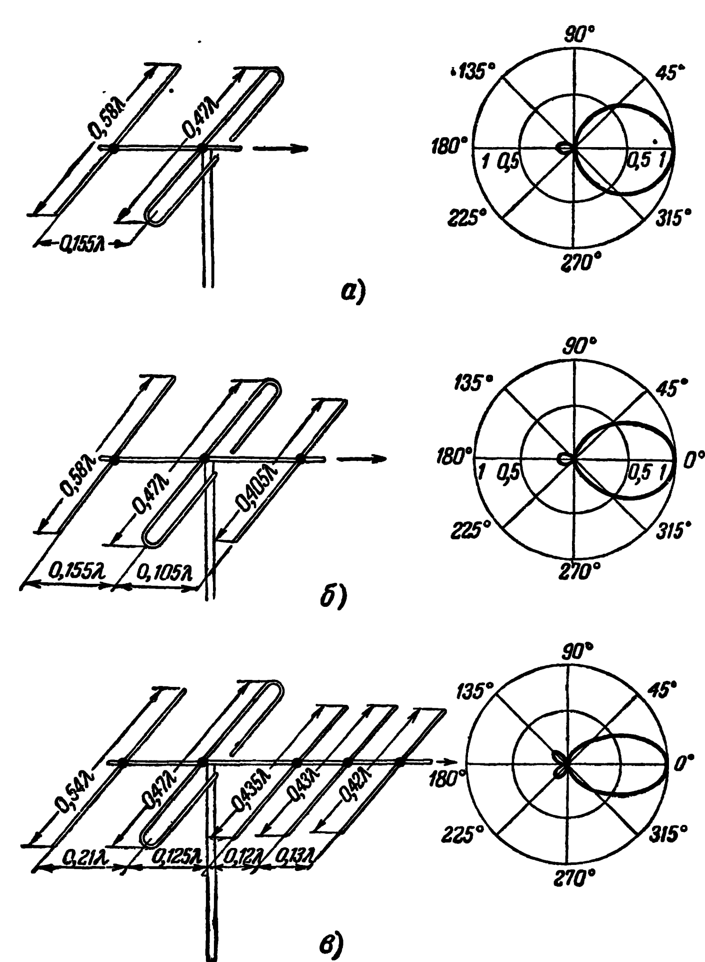
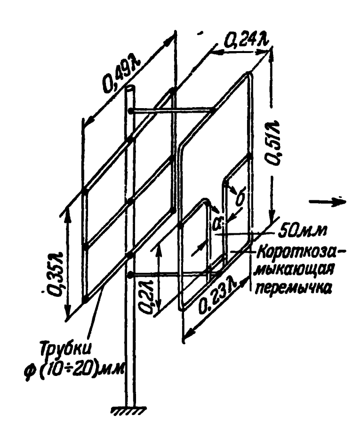


Рис. 5. Направленные УКВ антенны типа „волновой канал".

а — двухэлементная антенна (коэффициент усиления по напряжению 1,35); *б* — трехэлементная антенна (коэффициент усиления по напряжению 1,85); *в* — пятиэлементная антенна (коэффициент усиления по напряжению 2,4).



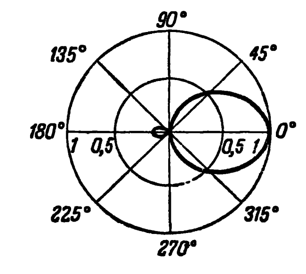


Рис. 6. Контурно-щелевая антенна с рефлектором (коэффициент усиления по напряжению 1,9).

вают активным (к этому вибратору подключается фидер), используют линейный полуволновый вибратор или полуволновый шлейф-вибратор, описанные выше и показанные на рис. 4. Второй из вибраторов двухэлементной антенны — пассивный (к нему фидер не подключается) — представляет собой цельную металлическую трубку, закрепленную на стреле непосредственно, без всяких изоляторов. Крепление пассивного вибратора, как и активного, производится симметрично относительно стрелы. Длину пассивного вибратора и его расстояние до активного выбирают таким образом, чтобы направить излученную активным вибратором мощность только в одну сторону. С этой точки зрения пассивный вибратор двухэлементной антенны называют рефлектором. Таким образом, двухэлементная антенна является однонаправленной, что видно из приводимой диаграммы направленности.

Трехэлементная антенна (рис. 5,*б*) содержит, помимо активного вибратора и рефлектора, еще один пассивный вибратор, называемый директором. Длина директора и его расстояние до активного вибратора выбраны таким образом, чтобы дополнительно усилить излучение в главном направлении. В соответствии с этим трехэлементная антенна имеет больший, чем у двухэлементной антенны, коэффициент усиления и более узкую диаграмму направленности.

Пятиэлементная антенна (рис. 5,*в*) содержит уже три директора, помимо рефлектора и активного вибратора, и имеет еще больший коэффициент усиления и еще более узкую диаграмму направленности.

Подключение фидеров к активным вибраторам многоэлементных антенн, изображенных на рис. 5, производится так, как показано на рис. 4,*ж*, *з* и *и*.

Можно, конечно, выполнить антенну с еще бо́льшим количеством директоров, однако особого смысла это не имеет, так как при увеличении числа директоров свыше трех происходит очень медленный рост коэффициента усиления, в то время как вес и сложность конструкции значительно возрастают. Если для чего-либо (например, для дальнего приема телевидения) необходимо иметь очень большой коэффициент усиления, то выполняют так называемые синфазные антенны, состоящие из многоэлементных антенн типа «волновой канал», расположенных в несколько этажей или рядов.

Подробнее об этом можно прочитать в специальных статьях и книгах по антеннам. Длину U-образного колена для различных телевизионных каналов можно взять из следующей ниже таблицы.

На рис. 6 показана УКВ антенна, называемая контурно-щелевой. Она состоит из прямоугольной рамки, представляющей собой активный элемент антенны, и рефлектора. Рефлектор выполнен из пяти трубок, образующих плоскую решетку.

Коэффициент усиления антенны равен примерно коэффициенту усиления трехэлементной антенны типа «волновой канал», однако полоса пропускания этой антенны шире.

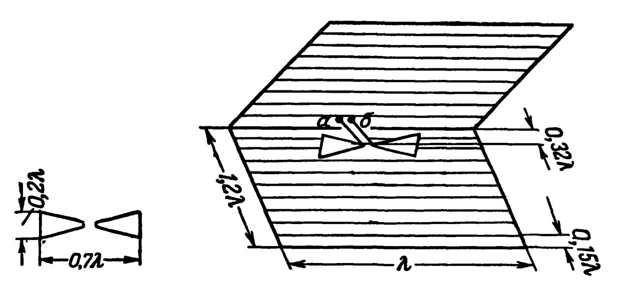


Рис. 7. Антенна с уголковым отражателем (коэффициент усиления по напряжению 3,6).

Подключение кабеля производится к точкам *а* и *б* так, как показано на рис. 4,*ж*, *з* и *и*:

Телевизионный канал	Длина U-образного колена, *мм*
Первый	1 900
Второй	1 600
Третий	1 240
Четвертый	1 120
Пятый	1 030

Максимум излучения направлен перпендикулярно плоскости рамки.

Наибольшее распространение контурно-щелевая антенна с рефлектором имеет в радиолюбительском диапазоне 144—146 *Мгц*.

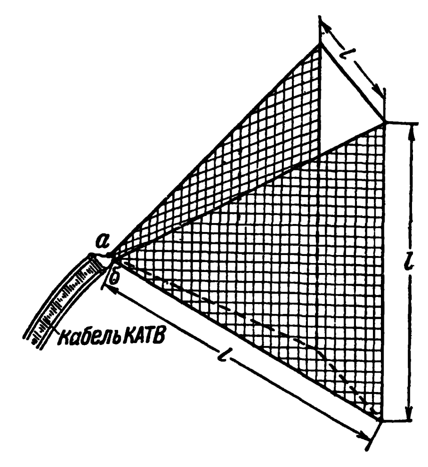


Рис. 8. Рупорная антенна (коэффициент усиления по напряжению при $l = 0{,}5\lambda$ равен 1,3, а при $l = \lambda$ равен 2,6).

Нужно отметить, что если антенна расположена так, что плоскость рамки перпендикулярна земле, то структура излученного поля подобна структуре поля горизонтального вибратора (излучаются или принимаются только горизонтально поляризованные волны).

В диапазоне 420—425 *Мгц* весьма удобны также антенна с уголковым отражателем (рис. 7) и одна из разновидностей рупорных антенн (рис. 8).

К антенне с уголковым отражателем кабель КАТВ следует подключать в точках *а* и *б*.

Две боковые грани рупорной антенны покрыты металлической сеткой. Кабель подключается к точкам *а* и *б*.

ПЕРЕДАТЧИК ДЛЯ ДЕСЯТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА[1]

Один из простейших передатчиков для десятиметрового диапазона описан в публикуемой ниже статье. Несмотря на небольшое количество ламп и сравнительную простоту схемы, передатчик имеет удовлетворительные качественные показатели и хорошо зарекомендовал себя при проведении любительских связей[2].

Для того чтобы облегчить настройку передатчика, следует предусмотреть в нем регулировку усиления по НЧ. Для этого необходимо сопротивление R_1 заменить потенциометром (крайние отводы потенциометра соединяются с гнездами, а ползунок подключается к сетке лампы). Кроме того, все конденсаторы настройки и особенно конденсатор настройки задающего генератора желательно снабдить простейшими шкалами.

Описываемый передатчик предназначен для телефонной и телеграфной работы в 10-метровом любительском диапазоне, т. е. на частотах от 28 до 29,7 *Мгц*. Мощность, подводимая к выходному каскаду передатчика, равна 10 *вт* и не превышает нормы для данного класса передатчиков. Учитывая к. п. д. выходного каскада и потери в выходном контуре и антенне, можно считать, что излучаемая мощность достигает при работе телеграфом 5—6 *вт*, при работе телефоном—2—3 *вт*. Этого вполне достаточно для уверенного проведения дальних радиосвязей.

СХЕМА

Как видно из принципиальной схемы передатчика (рис. 1), в нем используются четыре лампы: две — в высокочастотном тракте ($Л_3$, $Л_4$) и две — в модуляторе ($Л_1$, $Л_2$).

Для того чтобы ослабить влияние выходного каскада на частоту задающего генератора, в передатчике используется удвоение частоты — задающий генератор работает в диапазоне 14—14,85 *Мгц*, что после удвоения обеспечивает перекрытие диапазона 28—29,7 *Мгц*. Задающий генератор собран на левом триоде лампы $Л_3$ по трехточечной схеме с емкостной обратной связью и заземленным катодом. Питание анодной цепи лампы — параллельное: постоянное напряжение подается на анод через высокочастотный дрос-

[1] И. Демидасюк, «Радио», 1960, № 3, стр. 33.

[2] Набор деталей с подробным описанием этой радиостанции можно выписать через любой магазин Центросоюза.

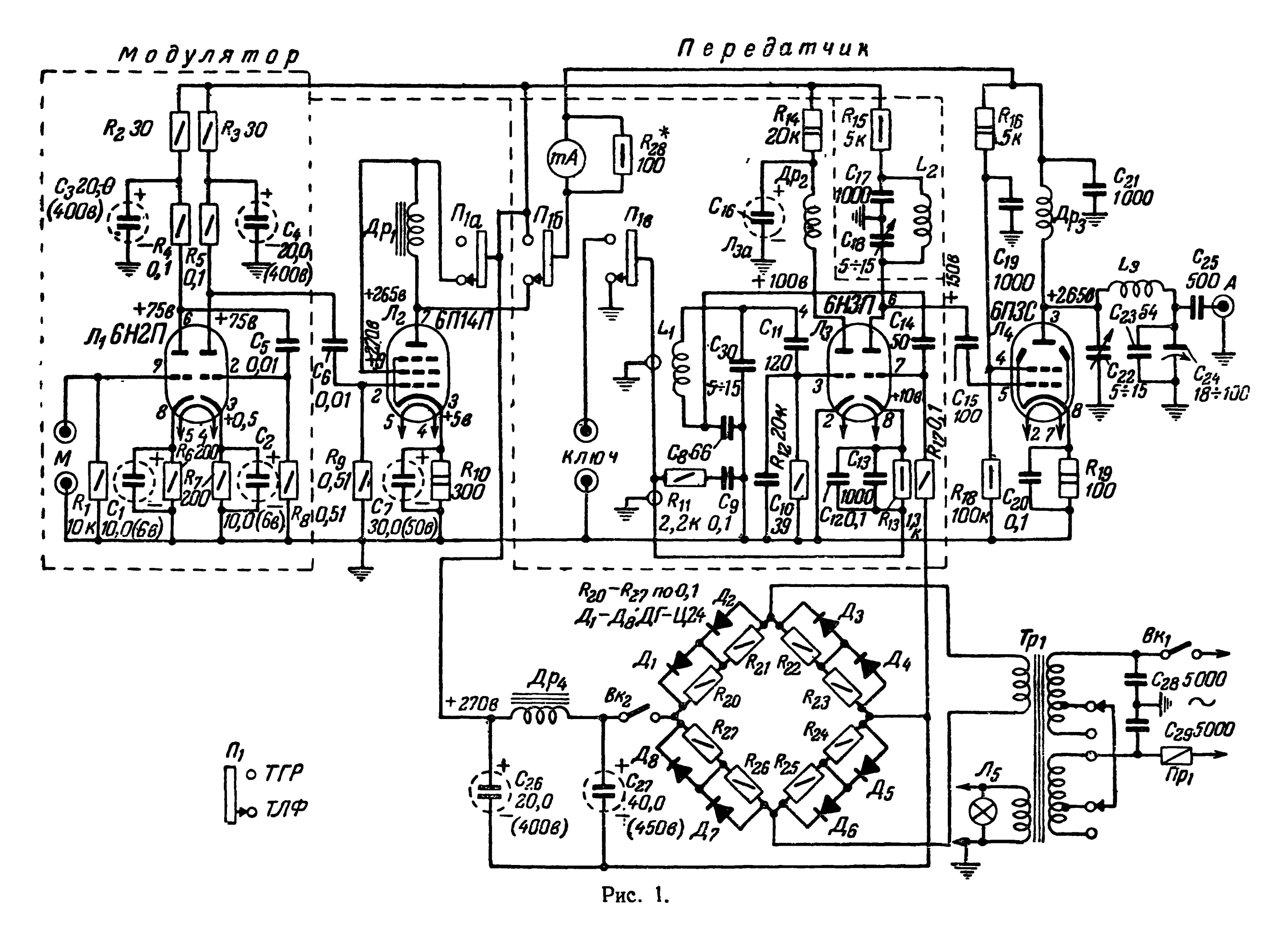


Рис. 1.

сель $Др_2$. Для того чтобы устранить паразитную модуляцию задающего генератора, в анодную цепь включен низкочастотный развязывающий фильтр R_{14}, C_{16}.

С анода лампы задающего генератора через конденсатор C_{14} высокочастотное напряжение подается на сетку лампы следующего каскада—буфера-удвоителя. Основное требование к этому каскаду — работа без сеточных токов, так как только в этом случае можно будет предотвратить влияние последующих каскадов на работу задающего генератора. Кроме того, если удвоитель работает без сеточных токов, то он не нагружает контур задающего генератора, что в конечном итоге повышает стабильность частоты передатчика. Необходимый режим буферного каскада устанавливается подбором напряжения отрицательного смещения, которое образуется на сопротивлении R_{13}. Это сопротивление заблокировано двумя конденсаторами, обеспечивающими развязку как по низкой, так и по высокой частоте (при работе телеграфом каскад манипулируется).

В анодную цепь буферного каскада включен контур L_2, C_{18}, который и выделяет вторую гармонику. Последовательно с ним включается конденсатор C_{17}, который благодаря значительной емкости практически не влияет на частоту контура L_2C_{18} и в то же время предохраняет ротор конденсатора C_{18} от попадания в него постоянного анодного напряжения. Вместе с сопротивлением R_{15} конденсатор C_{17} образует высокочастотный развязывающий фильтр.

Из анодной цепи буфера удвоителя высокочастотное напряжение поступает на сетку выходного каскада, выполненного на широко распространенной лампе 6П3С ($Л_4$). Анодной нагрузкой выходного каскада является П-контур, а питающее напряжение подается на анод через дроссель $Др_3$. Настройка П-контура на нужную частоту производится конденсатором C_{22}, а согласование с антенной осуществляется подбором емкостей C_{23} и C_{24}. Указанные на схеме величины подобраны с расчетом, что выходной контур соединяется с антенной концентрическим кабелем с волновым сопротивлением 75 *ом*. В передатчике применяется анодно-экранная модуляция, позволяющая

в выходном каскаде получить наибольшую колебательную мощность в телефонном режиме. В качестве модулятора используется обычный трехкаскадный усилитель НЧ на $Л_1$, $Л_2$ с достаточно высокой чувствительностью, благодаря которому можно вести работу с помощью динамического микрофона. Анодные цепи первых каскадов усилителя тщательно развязаны с помощью фильтров R_2C_3 и R_3C_4. Анодной нагрузкой выходного каскада служит низкочастотный дроссель $Др_1$ (модуляционный дроссель).

Необходимый род работы передатчика устанавливается переключателем $П_1$. В положении *ТГР* (телеграф) в катодную цепь буферного каскада можно включить телеграфный ключ и вести телеграфную работу. При установке переключателя $П_1$ в положение *ТЛФ* (телефон) катод буферного каскада заземляется ($П_{1в}$), подается анодное напряжение на модулятор ($П_{1б}$) и анод и экранная сетка выходной лампы $Л_4$ подключаются не к выпрямителю, а к аноду выходной лампы модулятора $Л_2$. Таким образом, питающее напряжение к аноду и экранной сетке лампы 6П3С подводится через модуляционный дроссель $Др_1$. Это значит, что под действием переменного напряжения НЧ, возникающего на дросселе $Др_1$, будет меняться напряжение на аноде и экранной сетке этой лампы, т. е. будет осуществляться анодно-экранная модуляция. Контроль работы передатчика осуществляется с помощью обычного миллиамперметра постоянного тока на 100 *ма*, включенного в анодно-экранную цепь выходной лампы $Л_4$. По показаниям этого прибора производится также подстройка анодного контура буферного каскада и контура выходного каскада (осуществляется конденсатором C_{18} по минимальному отклонению стрелки прибора) и контура выходного каскада (осуществляется конденсатором C_{22} по минимальному отклонению стрелки прибора). Прибор позволяет ориентировочно судить о глубине модуляции. Обычно в процессе модуляции ток через прибор изменяется на 10—20%.

Питание передатчика осуществляется от обычного выпрямителя, собранного по мостовой схеме с использованием в качестве вентилей полупроводниковых диодов. Возможно применение любого другого выпрямителя, в том числе выполненного на кенотроне (например, 5Ц3С) или селеновом столбике. При выборе выпрямителя нужно иметь в виду, что указанные на схеме режимы можно поддерживать только в том случае, если потребляемый от выпрямителя ток будет равен 55 *ма* (телефонный режим). При телеграфной работе и

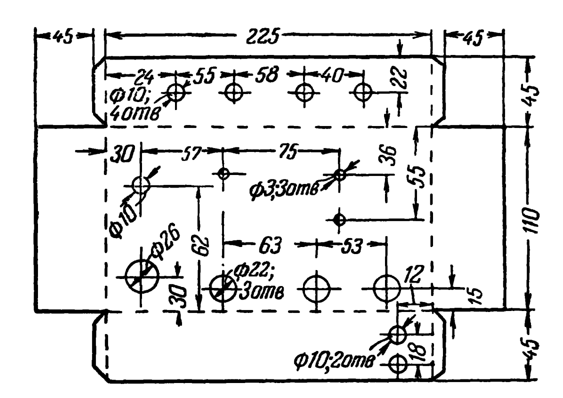


Рис. 2.

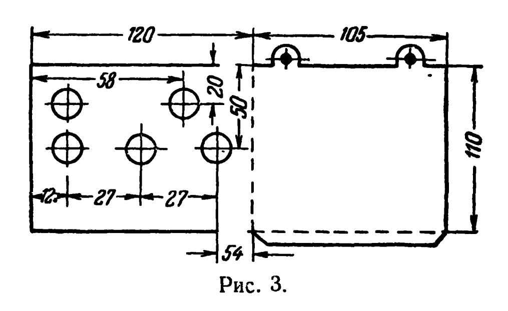


Рис. 3.

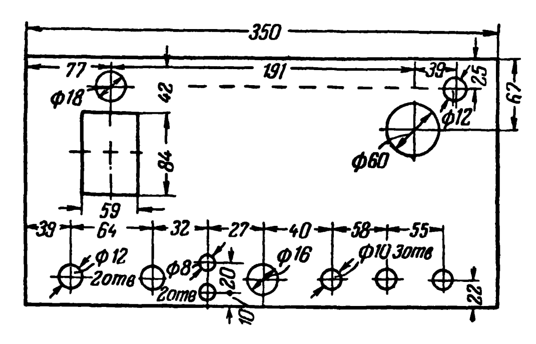


Рис. 4.

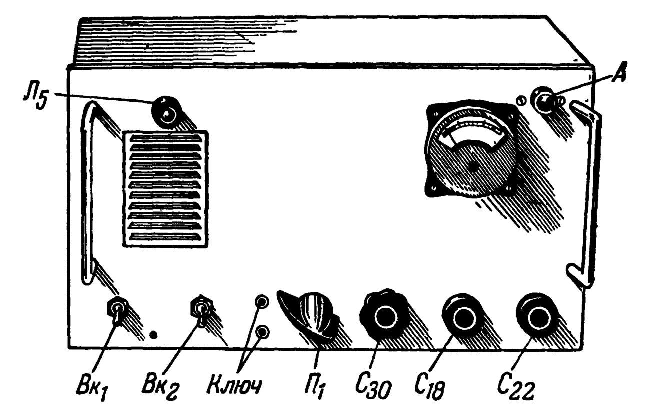


Рис. 5. Общий вид передатчика. На передней панели слева сделано отверстие (закрытое решеткой), улучшающее охлаждение диодов выпрямителя.

замкнутом ключе потребляемый ток уменьшается до 40 *ма*, а напряжение на электродах высокочастотных ламп возрастает на 5—10%.

КОНСТРУКЦИЯ

Весь передатчик выполнен на одном шасси (рис. 2), к которому жестко прикреплено шасси выпрямителя (рис. 3), а к нему — передняя панель (рис. 4), в которой сделаны отверстия для органов управления настройки, гнезд телеграфного ключа, измерительного прибора и квадратное отверстие (оно закрывается металлической решеткой или сеткой), улучшающее охлаждение диодов выпрямителя. Передатчик заключен в металлический кожух (рис. 5) размерами 340×185×115 *мм*.

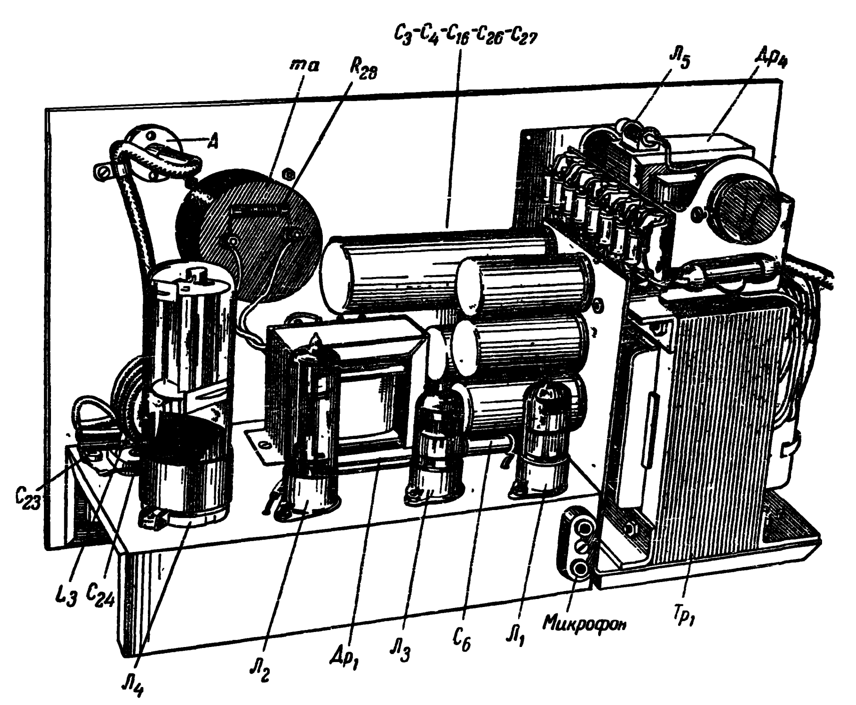


Рис. 6. Размещение деталей на шасси передатчика.

На рис. 6 показано размещение деталей на шасси передатчика, а на рис. 7 — размещение и монтаж деталей в подвале шасси (см. рисунки 5, 6 и 7). Особенностью монтажа является применение экранов в виде тонких алюминиевых пластин, которые разделяют подвал шасси на несколько отсеков.

В крайнем левом (рис. 7) отсеке смонтированы задающий генератор и буферный каскад; анодный контур буферного каскада перенесен в следующий отсек, т. е. отделен экраном от деталей задающего генератора. В третьем отсеке размещено большинство деталей выходного каскада, причем конденсатор настройки C_{22}, дроссель $Др_3$ и другие детали этого каскада расположены в подвале шасси, а выходной контур L_3 и конденсаторы связи с антенной C_{23}, C_{24} и C_{25}— над шасси (рис. 6).

В непосредственной близости от гнезд микрофона, в отсеке задающего генератора, размещается первая лампа усилителя НЧ. Для уменьшения наводок монтаж этого узла выполнен очень короткими проводниками, а все детали отгорожены небольшим алюминиевым экраном.

На передней стенке шасси передатчика закреплены конденсаторы настройки и переключатель рода работ $П_1$.

В передатчике используются детали, которые довольно широко распространены среди радиолюбителей. Силовой трансформатор $Тр_1$ применен от радиолы «Дружба». Его данные: сердечник Ш-32×50; первичная обмотка 2×375 (с отводом от 50-го витка), провода ПЭЛ 0,47, повышающая обмотка — 750 витков провода ПЭЛ 0,27 и обмотка накала ламп — 20 витков провода ПЭЛ 1,0. Дроссель фильтра $Др_4$ выполнен на сердечнике Ш-20×25 и содержит 2 200 витков провода ПЭЛ 0,23. Сопротивление обмотки дросселя постоянному току 110 *ом*. В качестве модуляционного дросселя $Др_1$ можно использовать выходной трансформатор от радиовещательного приемника второго класса, включая в анодную цепь лампы 6П14П его первичную обмотку (вторичная обмотка, остается неподключенной). В описываемом передатчике модуляционный дроссель — самодельный. Он выполнен на сердечнике Ш-16×32 и содержит 3 000 витков провода ПЭЛ 0,12. Сопротивление дросселя постоянному току 500 *ом*.

Контурные катушки передатчика, особенно катушку контура задающего генератора L_1, желательно выполнить посеребренным проводом на керамическом каркасе. Можно применить также и медный провод без изоляции (МГ) и с эмалевой изоляцией (ПЭ) и полистироловые каркасы или самодельные ребристые каркасы, склеенные из органического стекла. Катушка L_1 содержит 15 витков провода диаметром 0,5 *мм*, катушка L_2— 9 витков провода диаметром 1,0 *мм*. Обе указанные катушки выполняются на каркасах диаметром 20 *мм*. Катушка L_3— бескаркасная. Она содержит 3,5 витка и выполняется проводом диа-

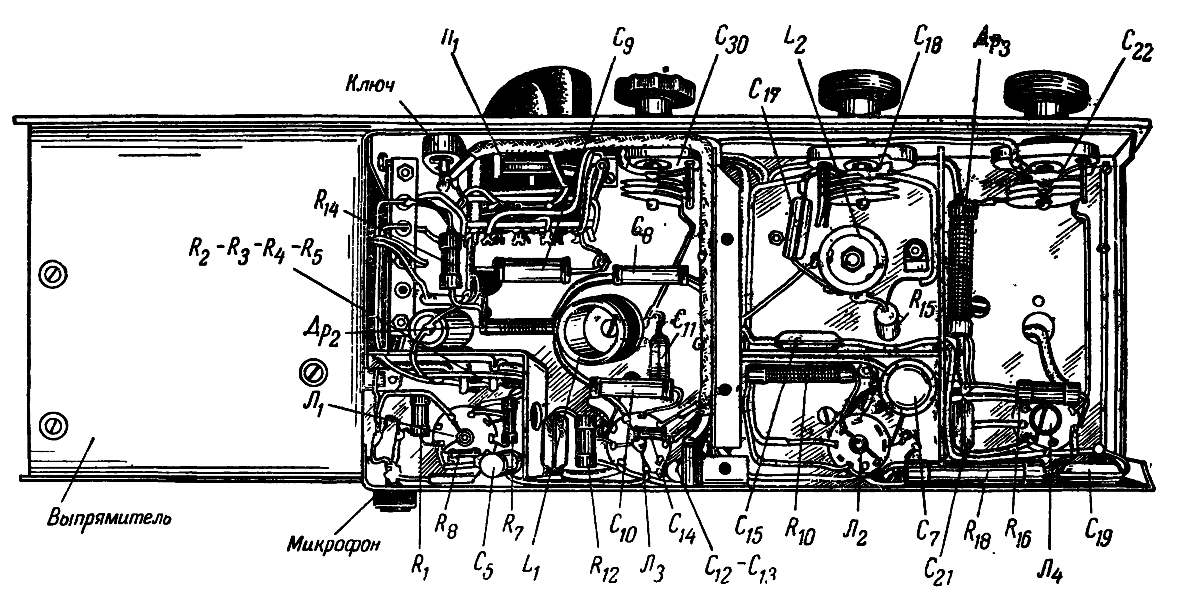


Рис. 7. Расположение деталей и монтажа в подвале шасси.

метром 3,0 *мм* на деревянной болванке, имеющей диаметр 30 *мм*. Сняв катушку с болванки, нужно несколько раздвинуть витки так, чтобы расстояние между двумя соседними витками составляло 1,5—2 *мм*.

Высокочастотные дроссели $Др_2$ и $Др_3$ намотаны на сопротивлениях ВС более 100 *ком*. Дроссель $Др_2$ содержит 100 витков провода ПЭ 0,1 и намотан на сопротивлении мощностью 0,5 *вт*, а дроссель $Др_3$ содержит 100 витков провода ПЭ 0,25 и намотан на сопротивлении мощностью 2 *вт*.

Измерительный прибор может быть любого типа, но лучше всего применить магнитоэлектрический миллиамперметр. В случае необходимости к прибору нужно подобрать шунт с таким расчетом, чтобы стрелки отклонялись до конца шкалы при токе около 100 *ма*. В точной градуировке прибора нет необходимости, так как он должен показывать лишь относительное изменение тока при настройке передатчика.

НАЛАЖИВАНИЕ

Налаживание передатчика можно значительно упростить, если перед монтажом проверить основные его детали. Силовой трансформатор следует проверить в режиме холостого хода с помощью омметра; желательно проверить обмотки дросселей, постоянные сопротивления, конденсаторы и полупроводниковые диоды.

Закончив монтаж, необходимо его тщательно проверить, пользуясь принципиальной схемой. Включение передатчика без предварительной проверки монтажа может привести к тому, что из-за незначительной ошибки могут выйти из строя такие ответственные детали, как силовой трансформатор, конденсаторы фильтра, полупроводниковые диоды и др.

Включив передатчик, нужно проверить режимы ламп (прибором ТТ-1) и убедиться в том, что они хотя бы ориентировочно соответствуют указанным на схеме. В противном случае необходимо немедленно выключить передатчик и еще раз проверить монтаж и детали (в том числе и лампы).

Следует предупредить радиолюбителей, что проверять выпрямитель путем даже самого кратковременного замыкания «плюса» на корпус ни в коем случае нельзя, так как при этом сразу же выходят из строя германиевые диоды выпрямителя.

Предварительное налаживание высокочастотной части лучше всего проводить в телеграфном режиме, установив переключатель $П_1$ в положение *ТГР* и замкнув гнезда телеграфного ключа. Прежде всего следует добиться нормальной работы задающего генератора. Проверить наличие генерации можно с помощью миллиамперметра, включенного последовательно с сопротивлением R_{14}. Если при замыкании сетки лампы задающего генератора на шасси анодный ток заметно возрастает, значит генерация есть. Необходимый частотный диапазон задающего генератора (14—14,85 *Мгц*) необходимо установить очень точно. Сделать это можно с помощью специальных приборов (волномер, кварцевый калибратор, генератор стандартных сигналов)

или хорошо отградуированного приемника. Вначале устанавливается средняя частота диапазона подбором индуктивности катушки L_1 (ротор C_{30} должен находиться в среднем положении). Затем следует подбором емкости конденсатора C_{10} установить границы диапазона, т. е. частоты, соответствующие максимальной и минимальной емкостям конденсатора C_{30}. Уменьшение емкости C_{10} сужает перекрываемый диапазон, а увеличение этой емкости расширяет его. Нужно иметь в виду, что всякое изменение емкости C_{10} несколько сдвигает среднюю частоту диапазона, и поэтому каждый раз после изменения C_{10} нужно корректировать индуктивность контура (например, сдвигая или раздвигая крайние витки катушки L_1). Средняя частота и границы диапазона зависят также от емкостей конденсаторов C_8 и C_{11} . В случае, если возникает необходимость значительно изменить емкость конденсатора C_{10}, необходимо пропорционально изменить и емкость конденсатора C_{11}.

Для настройки буфера-удвоителя миллиамперметр можно включить в катодную цепь лампы, т. е. вместо ключа. Настройка анодного контура осуществляется подбором индуктивности катушки L_2 (роторы конденсаторов C_{30} и C_{18} должны быть в среднем положении) по минимальным показаниям прибора. Сильно менять индуктивность не следует, так как при этом легко ошибиться и вместо второй гармоники настроиться на третью или первую.

Заключительным этапом налаживания высокочастотной части являются настройка и подбор режима выходного каскада. Контур этого каскада (L_3C_{22}—C_{24}) настраивают подбором индуктивности L_3 (для увеличения индуктивности можно несколько сблизить витки) по минимальному показанию миллиамперметра, включенного по схеме на рис. 1. Наивыгоднейшего режима следует добиваться, включив на конце фидера эквивалент антенны, в качестве которого можно использовать четыре лампочки 6,3 *в*, 0,3 *а*, соединенные последовательно (их общее сопротивление — около 70 *ом*). На режим выходного каскада оказывают влияние питающие напряжения, отрицательное смещение (определяется сопротивлением R_{19}) и напряжение возбуждения. Последнее можно изменять подбором емкости конденсатора C_{15} или сопротивления R_{18}. Если нужно резко уменьшить возбуждение, можно несколько шунтировать катушку L_2 или дроссель $Др_3$.

Окончательное налаживание высокочастотной части производится в телефонном режиме, после того как будет проверен модулятор. Для этой цели проще всего временно вместо дросселя $Др_1$ (или даже параллельно ему) включить выходной трансформатор с громкоговорителем, а на вход подать сигнал с обычного электропроигрывателя. Поскольку сигнал со звукоснимателя в десятки раз больше, чем напряжение, развиваемое динамическим микрофоном, последовательно со звукоснимателем (например, между верхним входным гнездом и сеткой лампы) следует включить переменное сопротивление 500 *ком* и установить его движок в среднее положение. Это сопротивление вместе с сопротивлением R_1 создает делитель напряжения, и модулятор со звукоснимателем будет работать без перегрузки. Пользуясь звукоснимателем, следует наладить модулятор, добиваясь его устойчивой работы и хорошего качества звука. В заключение желательно проверить модулятор при микрофонной работе. При этом необходимо вынести громкоговоритель в соседнее помещение, для того чтобы не возникло акустической обратной связи.

После проверки модулятора можно приступить к налаживанию передатчика в телефонном режиме. Этот процесс в основном сводится к подбору сопротивления R_{16} и емкостей конденсаторов C_{19} и C_{21} и установке необходимого уровня модулирующего напряжения. Очень хорошо при этом пользоваться осциллографом, который позволит контролировать форму модулированного сигнала. Для оценки модуляции можно пользоваться и простейшим детекторным приемником, например точечным диодом, подключенным параллельно головным телефонам.

Описываемый передатчик рассчитан на работу с микрофоном МД-45. В случае применения другого микрофона может оказаться необходимым уменьшить напряжение НЧ, подводимое к выходному каскаду. Проще всего это сделать, если вместо сопротивления R_1 включить потенциометр.

Предварительно налаженный передатчик следует проверить на связи — сначала с ближайшими корреспондентами, а затем и с дальними. В первое время необходимо особо тщательно взвешивать оценку, которую дают корреспонденты, и в случае необходимости принимать нужные меры.

РАДИОСТАНЦИЯ НА 144—146 *Мгц*[1]

Диапазон 144—146 *Мгц* представляет большой интерес для радиолюбителя. Отсутствие атмосферных и индустриальных помех на этих частотах позволяет принимать довольно слабые сигналы. Работая в этом диапазоне на несложной аппаратуре и сравнительно небольших мощностях, можно достигнуть дальности связи до 30—50 *км*. Применение высоко поднятых направленных антенн позволяет увеличить радиус действия радиостанции.

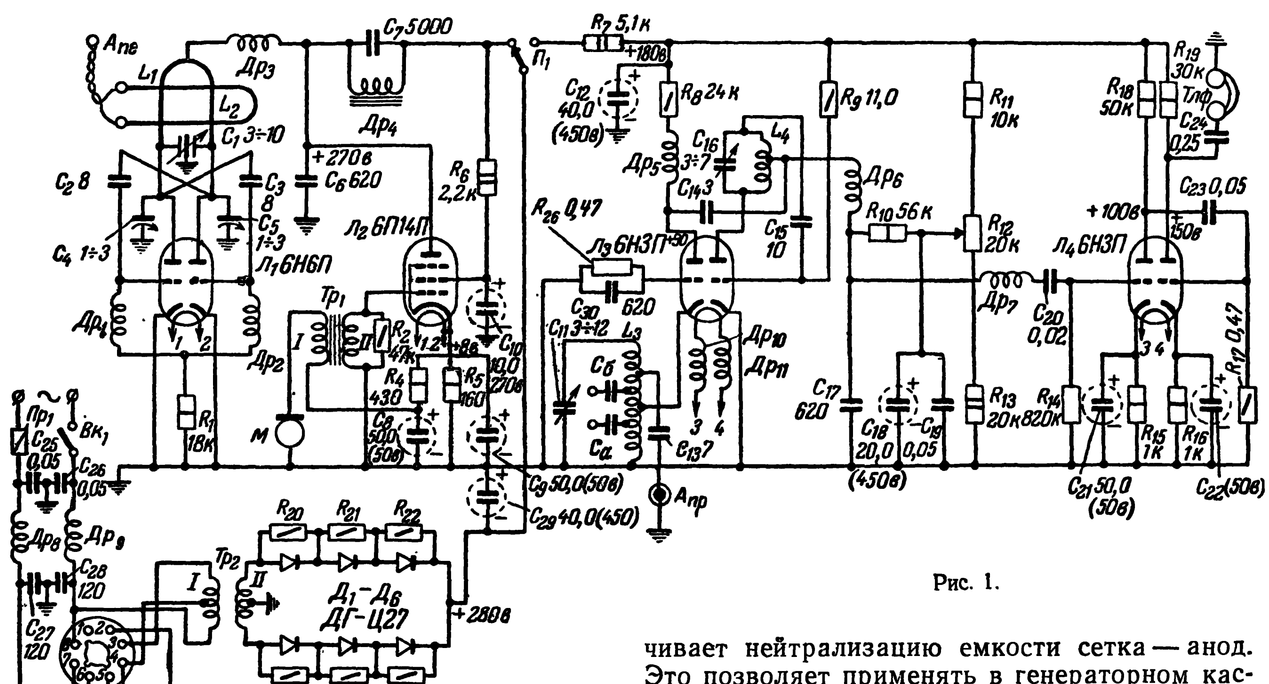


Рис. 1.

В настоящей статье приводится описание простой радиостанции, рассчитанной для работы в диапазоне 144—146 *Мгц*. Мощность, отдаваемая в антенну передатчика, — около 3 *вт*, чувствительность приемника 1 *мкв*.

Описываемая радиостанция предназначена для начинающих радиолюбителей и состоит из передатчика с самовозбуждением и сверхрегенеративного приемника. Принципиальная схема радиостанции приведена на рис. 1.

Передатчик. Генератор передатчика выполнен на двойном триоде 6Н6П ($Л_1$) с обратной связью через конденсаторы C_3 и C_2 и настраиваемым контуром $L_1C_1C_4C_5$ в цепи анода. С анодным контуром индуктивно связан антенной виток L_2. Анодный контур генератора состоит из U-образного витка L_1, дифференциального конденсатора C_1 и двух симметрирующих подстроечных C_4 и C_5. Мостовая схема соединения элементов контура обеспечивает нейтрализацию емкости сетка — анод. Это позволяет применять в генераторном каскаде обычные лампы.

Модулятор собран на лампе 6П14П ($Л_2$) и представляет собой обычный усилитель НЧ. Угольный микрофон подключен к модулятору через микрофонный трансформатор $Тр_1$. Часть напряжения, снимаемого с сопротивления R_5, используется для питания микрофонной цепи. Через микрофон проходит небольшая часть анодного тока лампы 6П14П. Поэтому совершенно не проявляются посторонние шумы и шорохи.

Модулирующее напряжение с низкочастотного дросселя $Др_4$ подается в анодную цепь генератора. Использование в модуляторном каскаде лампы 6П14П позволяет получить глубину модуляции 70—80%.

При работе на частотах 144—146 *Мгц* коэффициент использования анодного тока достигает 40—50%. При этом выходная мощность лампы $Л_1$ (6Н6П) (мощность рассеяния на аноде лампы 8,5 *вт*) составит 3,4—4,2 *вт*. Подводимая к лампе мощность не должна превышать 5 *вт*, так как вследствие разброса параметров и неравенства токов обеих поло-

[1] А. Южин, «Радио», 1960, № 4, стр. 37.

вин лампы мощность рассеяния на аноде одного из триодов может превзойти допустимую, что ухудшит стабильность частоты.

Приемник. Приемник радиостанции собран по схеме 1-V-2 на двух лампах 6Н3П. В первом каскаде можно также использовать лампу 6Н14П. Каскад усиления ВЧ собран на левом триоде лампы $Л_3$ по схеме с заземленной сеткой. Это дает хорошее согласование антенны с входным контуром и уменьшенис паразитных излучений сверхрегенератора. Конденсатор C_{14} связывает каскад усилителя ВЧ со сверхрегенератором, выполненным на правом триоде лампы $Л_3$ по трехточечной схеме с заземленным катодом. Напряжение обратной связи на сетку лампы подается с части витков катушки L_4 через конденсатор C_{15}. Постоянная времени цепи R_9C_{15} определяет частоту сверхрегенерации; от выбора параметров этой цепи зависят плавность подхода к порогу генерации и чувствительность приемника. Напряжение на аноде сверхрегенератора и порог генерации регулируются переменным сопротивлением R_{12}. Для обеспечения плавной регулировки последовательно с ним включены сопротивления R_{11} и R_{13}.

Усилитель НЧ собран на лампе 6Н3П ($Л_4$) по реостатной схеме. Он нагружен на высокоомные головные телефоны, включенные в анодную цепь правого триода лампы $Л_4$ через разделительный конденсатор C_{24}. Фильтр, состоящий из высокочастотных дросселей $Др_6$, $Др_7$ и конденсатора C_{17}, предотвращает проникновение напряжения частоты сверхрегенератора в каскады усиления НЧ.

Конструкция. Радиостанция смонтирована на шасси из дюралюминия (рис. 2), к которому прикреплена передняя панель (рис. 3). Общий вид радиостанции показан на рис. 6*а*. Размещение деталей на шасси приведено на рис. 4 и 5. Монтаж низкочастотных цепей про-

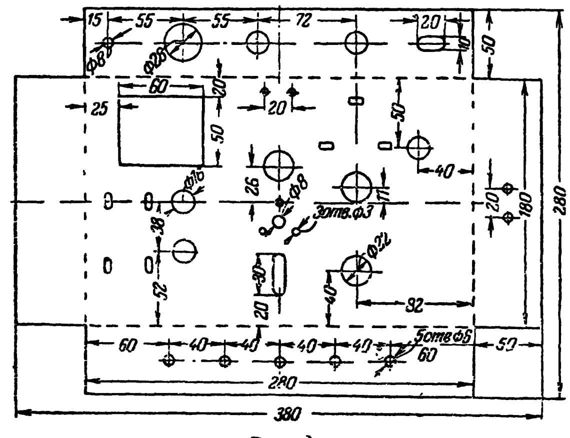


Рис. 2.

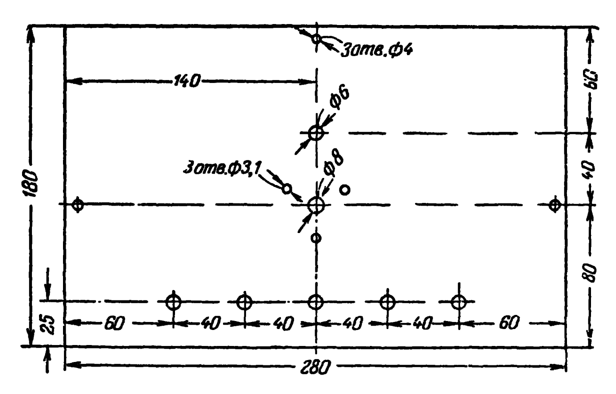


Рис. 3

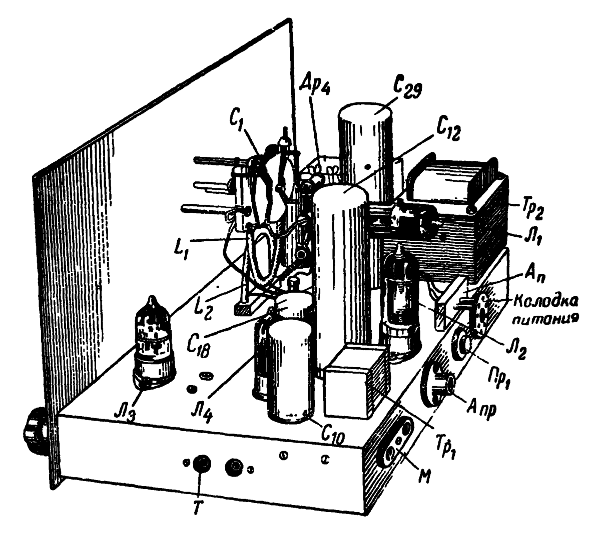


Рис. 4.

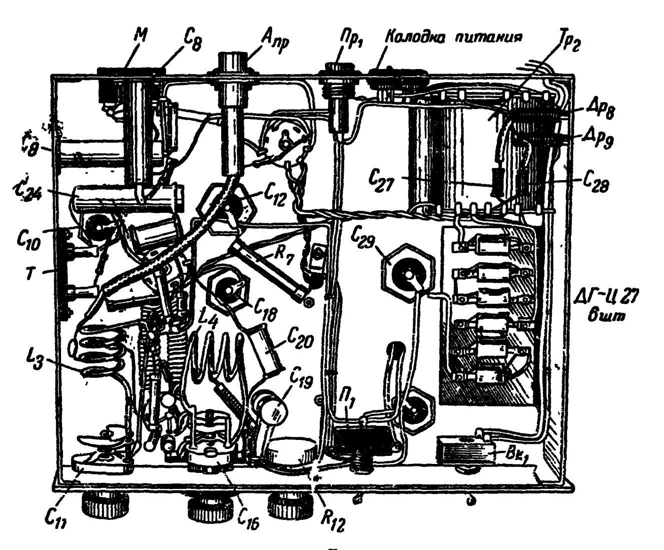


Рис. 5.

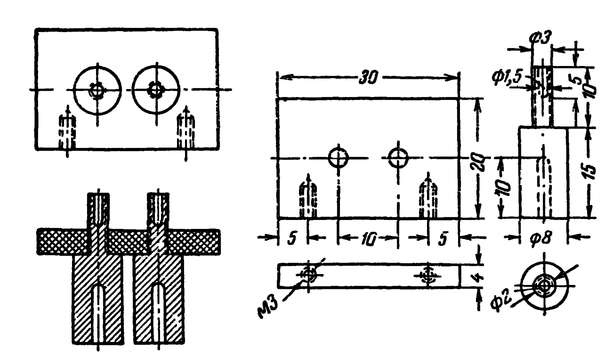
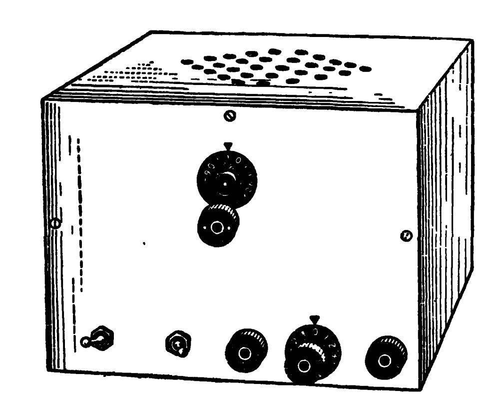


Рис. 6.


Рис. 6а.

изведен одножильным проводом диаметром 1 *мм* с полихлорвиниловой изоляцией. При этом для уменьшения емкости монтажа и паразитных индуктивностей желательно, чтобы проводники, соединяющие элементы контуров с ламповыми панелями, были минимальной длины и выполнены из 2-миллиметрового посеребренного провода.

Витки L_1 и L_2 выполнены из медной трубки диаметром 6 *мм* и имеют U-образную форму. Их размеры 60×30 *мм*. Поверхность трубок для уменьшения потерь в контуре должна быть зачищена мелкой шкуркой до блеска и не должна иметь выбоин и царапин. Антенный виток L_2 может перемещаться относительно L_1 по прорези в шасси. При налаживании передатчика между L_1 и L_2 выбирается оптимальное расстояние (3—5 *мм*). Антенный виток связан с гнездами «Антенна» передатчика отрезком 300-омного кабеля КАТВ. Часть гнезда вмонтирована в пластинку из полистирола (рис. 6). Чтобы волновое сопротивление не изменялось, выступающая из полистирола часть гнезда имеет больший диаметр. Вилка взята от телевизора «Темп» (диаметр штырьков уменьшен до 2 *мм*).

Данные дросселей и контурных катушек сведены в таблицу.

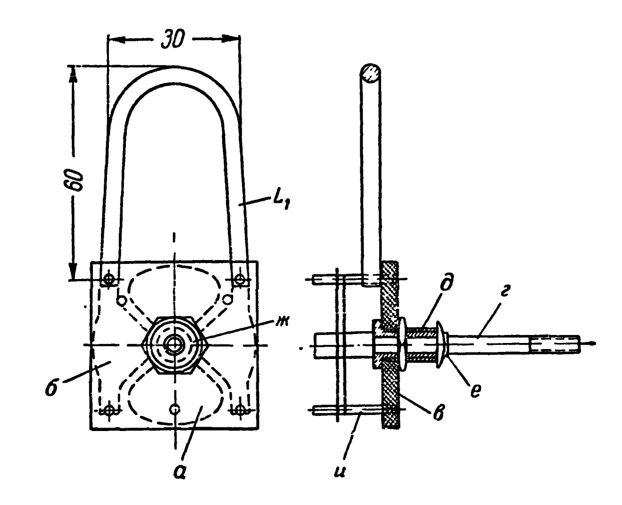


Рис. 7.

В качестве модуляционного дросселя применен выходной трансформатор от радиоприемника «Звезда-54». При этом необходимо увеличить воздушный зазор в сердечнике до 0,35—0,4 *мм*, что приводит к уменьшению индуктивности до необходимой величины и исключает перемагничивание дросселя за счет

Наименование дросселей и контурных катушек	Тип сердечника или каркаса	Марка провода	Число витков	Шаг намотки, *мм*
$Др_1$, $Др_2$	Керамическая или стеклянная палочка диаметром 8 *мм* и длиной 80 *мм* или сопротивление ВС-2 (со снятым проводящим слоем)	ПЭЛ 0,25	23	0,5
$Др_3$	Сопротивление ВС-2	ПЭЛ 0,2	30	0,5
$Др_4$	Сердечник из укороченных пластин Ш-20; толщина набора 30 *мм*	ПЭЛ 0,23	2 600	—
$Др_5$, $Др_6$, $Др_7$, $Др_8$, $Др_9$	Сопротивление ВС-0,5	ПЭЛ 0,15	35	0,3
$Др_{10}$, $Др_{11}$	На оправке диаметром 10 *мм* (после намотки оправка удаляется)	Изолированный монтажный провод	15	—
L_3, L_4	Оправка диаметром 16 *мм*	Посеребренный медный провод	4	Длина намотки 22 *мм*

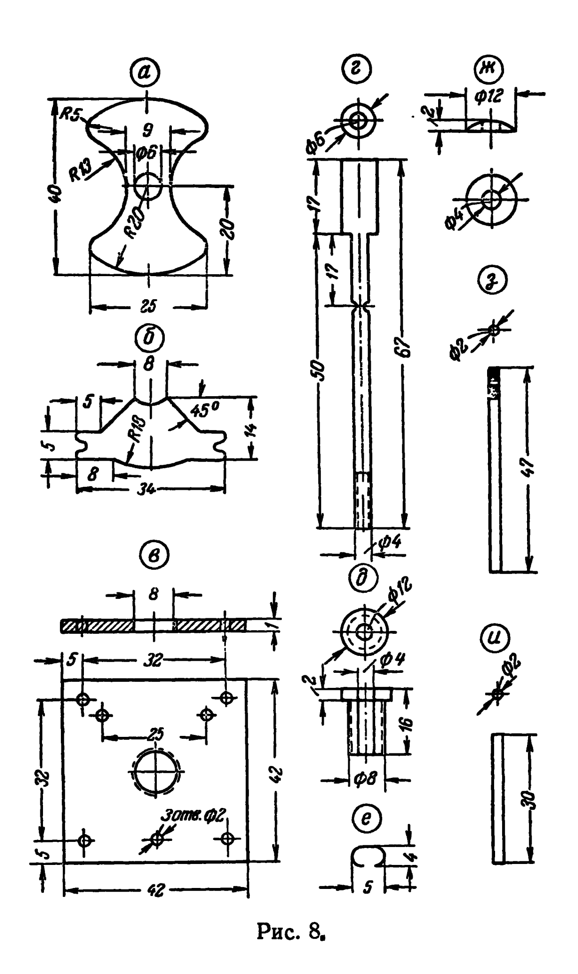


Рис. 8.

постоянной составляющей анодных токов ламп 6П14П и 6Н6П.

В качестве микрофонного трансформатора применен выходной трансформатор от трансляционного громкоговорителя. Обмотки микрофонного трансформатора содержат: I — 200 витков провода ПЭЛ 0,3; II — 3 000 витков провода ПЭЛ 0,1; сечение сердечника равно 2 *см*^{2}. Можно также использовать выходной трансформатор от приемника «Родина» или «Рекорд-53».

Наиболее сложной самодельной деталью является дифференциальный конденсатор C_1 (рис. 7 и 8). Он собран на пластине из органического стекла *в*, в которую вплавляют нагретые паяльником штифты *и* из посеребренного провода. На штифты *и* предварительно напаивают неподвижные пластины статора. Пластины ротора *а* и статора *б* изготавливаются из листовой меди или латуни толщиной 1—1,5 *мм*. Расстояние между пластинами конденсатора, а следовательно, и его емкость можно изменять, перемещая телефонное гнездо по резьбе в теле пластины *в*. В центре пластины в телефонном гнезде *д* с контргайкой вращается ось *г* с пластиной ротора. Для этой цели может служить ось со втулкой от переменных сопротивлений *СП* и *ТК*. Ось ротора *г* имеет выступ, упирающийся в торец гнезда *д*. Наличие пружинящей шайбы *ж* и запорного кольца *е* в выточке оси *г* исключает продольное перемещение последней. Конденсатор снабжен фрикционным верньером с отношением 1 : 4, конструкция и деталировка которого приведены на рис. 9.

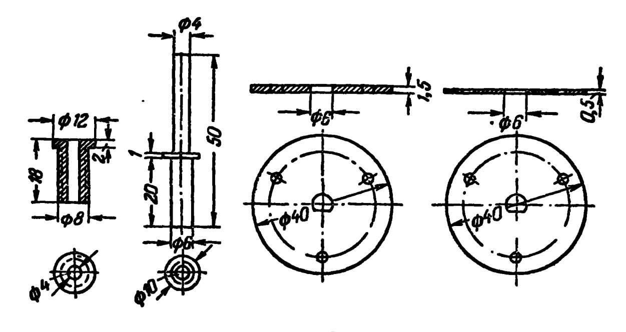


Рис. 9.

На той же пластине *в* установлены трубчатые подстроечные конденсаторы C_4 и C_5, предназначенные для симметрирования схемы генератора. Конденсатор крепится к передней панели тремя штифтами *з*. С поверхности конденсаторов C_4 и C_5 наждачной бумагой снимают часть проводящего слоя, оставляя по его длине полоску проводящего слоя шириной 5 *мм*. После такой обработки емкость конденсатора уменьшается до 1—4 *пф*, что позволяет точно подстроить каждую половину контура.

Конденсаторы C_2, C_3 и C_{15} типа КТК с нулевым температурным коэффициентом (окраска голубого цвета или с голубой каймой) или КСО «Стабиль» (тип Г). Конденсаторы C_{11} и C_{16} с воздушным диэлектриком взяты от телевизора «Темп».

Переключатель рода работ — на три положения, в среднем положении включены одновременно приемник и передатчик.

Выпрямитель радиостанции собран по схеме двухполупериодного выпрямления на диодах ДГ-Ц27. Можно также применить диоды ДГ-Ц24, ДГ-Ц25, ДГ-Ц26, селеновые столбики АВС 120×270 или кенотроны 5Ц4, 6Ц5С, 6Ц4П. Силовой трансформатор — от приемника «Звезда-54». Его данные: первичная обмотка — 2×(605+93) витков провода ПЭЛ 0,33; повышающая обмотка II — 2×2 800 витков провода ПЭЛ 0,2; обмотки накала: III-39 витков ПЭ 1,04; IV — 39 витков ПЭЛ 0,59. Сердечник собран из пластины Ш-20; толщина набора 46 *мм*. Можно использовать силовые трансформаторы от приемников «Балтика»,

«ВЭФ» — «Аккорд», «Чайка», «Урал» и др., рассчитанные на выпрямленное напряжение 260—280 *в* и ток 85—100 *ма*.

Цепь R_6, C_{10} можно исключить; при этом фон передатчика возрастает незначительно. Первичная обмотка силового трансформатора подключена к сети через фильтр $C_{25} \div C_{28}$, $Др_8$, $Др_9$, служащий для защиты от импульсных помех, проникающих по питающей сети.

НАЛАЖИВАНИЕ

Правильно собранная радиостанция начинает работать сразу. Налаживание ее в основном заключается в настройке контуров на перекрываемый диапазон.

Передатчик. Налаживание передатчика сводится к следующему: включив питание, проверяют режимы ламп по прибору ТТ-1 или другому. Наличие генерации проверяют по свечению неоновой лампы МН-3 или ФН, прикасаясь ее выводом к аноду или сетке лампы генератора. Затем, подключив к антенному контуру полуволновый отрезок симметричного кабеля (длиной 102 *см*), нагруженного лампой накаливания 26 *в*, 0,15 *а*, и последовательно соединенным с ней сопротивлением ВС 130 *ом*, 2 *вт* (при этом сопротивление нагрузки кабеля равняется его волновому сопротивлению — 300 *ом*), подстраивают генератор перемещением антенного витка L_2 относительно витка L_1. Положение витка L_2, при котором яркость свечения неоновой лампы максимальна, фиксируется.

При помощи резонансного волномера, ГИР или измерительной линии (описаны в «Радио» № 5 за 1954 г., № 12 за 1956 г., № 4 и 11 за 1958 г. и др.) определяют частоту генерации. Если генерируемая частота близка к номинальной (отличается от нее на 3—8 *Мгц*), то при помощи C_4 и C_5 можно добиться точного совпадения. Следует иметь в виду, что в процессе настройки при некотором соотношении величин этих емкостей отдача мощности в антенну будет минимальной. Если же частота значительно (на 20—40 *Мгц* отличается от номинальной), то следует изменить расстояние между пластинами конденсатора C_1 (при этом надо следить за тем, чтобы не нарушать симметрии схемы). Симметрия схемы заключается в идентичности обеих ее половин и равенстве емкостей относительно шасси.

Симметрирование производится по ламповому вольтметру ВКС-7, включенному через конденсатор 1—2 *пф* между анодом и средней точкой анодного контура генератора. В любительских условиях при отсутствии лампового вольтметра симметрирование можно производить по току. Для этого цепь катода одной из половин лампы 6Н6П разрывается. В разрыв включается миллиамперметр с пределами измерений 20—30 *ма*, шунтируемый по ВЧ емкостью 600—1 000 *пф*. Ток каждого триода лампы 6Н6П должен быть одинаковым и при анодном напряжении 270 *в* составлять 13—15 *ма*. Равенства токов добиваются перемещением подвижной пластины конденсаторов C_4 и C_5 (изменение емкости на 1—2 *пф* вызывает уход частоты примерно 1 *Мгц*).

Режим работы генератора определяется величиной сопротивления R_1. Если анодное напряжение отличается от указанного в схеме (270 *в*), то следует подобрать величину R_1. Для этого вместо R_1 включают переменное сопротивление *СП* и подбирают такую величину его, чтобы подводимая к лампе мощность (анодное напряжение, умноженное на анодный ток обоих триодов лампы 6Н3П) не превышала 4—5 *вт*. После этого, замерив омметром величину переменного сопротивления, заменяют его постоянным.

При проверке работы модуляционного каскада в анодную цепь лампы $Л_2$ включают громкоговоритель мощностью 3 *вт*. Вынося громкоговоритель или микрофон в другое помещение (во избежание микрофонного эффекта), проверяют работу микрофона. Если тембр звучания неудовлетворительный, то следует поменять местами концы любой из обмоток микрофонного трансформатора. Регулировать тембр можно, меняя емкость C_7. Методика налаживания усилителей НЧ описана в «Радио» № 9 за 1959 г., стр. 31.

Коэффициент модуляции можно определить с помощью осциллографа или модулометра, которые имеются в радиоклубах.

Приемник. Налаживание приемника следует начинать с усилителя НЧ. Параллельно сопротивлению R_{14} включают любой звукосниматель, и по телефону *Т* (см. рис. 1) контролируют качество работы усилителя НЧ.

Далее, приступают к проверке работы сверхрегенератора. При вращении ручки регулятора R_{12} в телефонах должен появиться характерный шум. При каком-то положении регулятора уровень шума достигает максимума, затем при дальнейшем вращении ручки он ослабевает и может совсем исчезнуть. Это явление свидетельствует о нормальной работе сверхрегенератора. Если шума в телефонах нет и не светится неоновая лампа, подносимая к контуру L_4C_{16}, то надо заменить конденсатор C_{15} (он должен обладать высоким сопротивлением изоляции). Для обеспечения плав-

ного подхода к порогу генерации необходимо правильно выбрать величину сопротивления R_9 (7—14 *Мом*). Иногда, чтобы вызвать генерацию, полезно последовательно с сопротивлением R_9 (со стороны сетки лампы) включить высокочастотный дроссель с такими же данными, как у $Др_5$. Сопротивление R_9 при этом выбирается в пределах 5—7 *Мом.* Индикатором настройки контуров L_3C_{11} и L_4C_{16} служит телефон. Настройка производится с помощью генератора стандартных сигналов, (при включенной внутренней модуляции) по максимальной громкости. Можно настраивать контуры, используя генератор радиостанции, по подавлению шумов сверхрегенерации на выходе приемника (ручкой регулятора R_{12} устанавливают минимум шума). В последнем случае переключатель рода работ ставится в среднее положение. Диапазон, перекрываемый радиостанцией, должен лежать в пределах 144—146 *Мгц*. Точная настройка контуров на указанный диапазон достигается сжатием или растяжением (в пределах 6 *мм*) витков катушек L_3 и L_4. Если это не приведет к желаемому результату, нужно изменить число витков катушек L_3 и L_4. Следует отметить, что острую резонансную кривую имеет контур L_4C_{16}, а у контура L_3C_{11} настройка довольно тупая.

Прием и передача ведутся на разных антеннах, установленных на одной мачте. Фидером для передатчика служит симметричный кабель КАТВ с волновым сопротивлением 300 *ом*. Это позволяет обойтись без согласующих трансформаторов, в которых неизбежны потери. Антенной передатчика является симметричный шлейф-вибратор с волновым сопротивлением 300 *ом* (рис. 10,*а*). Антенна приемника (рис. 10,*б*) — полуволновый вибратор с коаксиальным кабелем РК-1 или РК-3, имеющим волновое сопротивление 75 *ом*, и согласующим трансформатором (в виде четырехволнового моста или U-образного колена).

При использовании антенного реле или переключателя с контактами, приспособленными для работы на СВЧ, можно применить одну симметричную антенну. Для включения симметричного кабеля в контуре L_3C_{11} делают отпайки от 1,5-го и 3-го витков. Антенна включается в контур через емкости $C_а$ и $C_б$ (2—3 *пф*). Более опытные любители могут применить в качестве коммутирующего устройства фильтр Татаринова (рис. 11), состоящий из четвертьволновых замкнутых на конце отрезков кабеля КАТВ. Однако такой фильтр имеет очень острый резонанс и работает на фиксированных частотах, определяемых длиной отрезков кабеля и отличных от резонансных. Поэтому он представляет собой реактивное сопротивление (емкостное или индуктивное), что уменьшает отдачу мощности в антенну.

Работа на радиостанции. Ввиду простоты схемы радиостанции работа на ней также несложна. Следует учесть некоторые особенности описанной конструкции: если микрофон передатчика имеет тангенту для его включения, то при включении и выключении микрофона уход частоты составит приблизительно 40—50 *кгц* (вследствие некоторого изменения смещения на лампе 6П14П). Можно избежать этого, включив в цепь тангенты эквивалентное микрофону сопротивление (70—100 *ом*).

Настройка приемника производится изменением емкости C_{16}. Конденсатор C_{11} служит для более точной подстройки и несколько увеличивает громкость приема.

Описываемая радиостанция обеспечивает уверенный прием и передачу при дальности связи 35 *км*.

Следует помнить, что прежде чем приступить к постройке передатчика, необходимо через областной или республиканский радиоклуб ДОСААФ получить в Управлении связи соответствующее разрешение. Без этого разрешения постройка и дальнейшая эксплуатация передающей аппаратуры (независимо от ее мощности и рабочей частоты) категорически запрещаются.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

В помощь радиолюбителю, вып. 6, Изд. ДОСААФ, 1958.

В сборнике имеется статья Г. Фридолина «Ультракоротковолновые радиолюбительские антенны».

В. А. Ломанович, Любительские радиостанции на диапазоны 144—146 и 420—425 *Мгц* (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1958.

Описание двух самодельных радиостанций с универсальным питанием и порядка их налаживания.

О. Г. Туторский, Радиолюбительская связь на УКВ (Библиотека юного конструктора), Изд. ДОСААФ, 1958.

Книга, рассчитанная на начинающих ультракоротковолновиков, содержит 11 глав, знакомящих читателя с особенностями УКВ диапазонов, схемами передатчиков, приемников и трансиверов, измерениями и налаживанием УКВ аппаратуры и антеннами; кроме того, подробно описаны восемь конструкций УКВ приемников и передатчиков.

Ф. Бурдейный, Н. Казанский, А. Камалягин и К. Шульгин, Справочник коротковолновика (Справочно-методическое пособие для радиолюбителей), изд. 3-е, переработанное и дополненное, Изд. ДОСААФ, 1959.

Предназначен для радиолюбителей, начинающих работать в области коротких и ультракоротких волн и знакомых с основами электрорадиотехники.

Д. Джонс, Приемники частотной модуляции, перевод с английского (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

Подробно рассматривается работа всех каскадов ЧМ приемника и излагается методика их расчета.

В. Т. Свиридов, Радиорелейные линии связи, Научно-популярная библиотека, Физматиздат, 1959.

Книга о принципах радиорелейных линий и различных их применениях.

Ультракороткие волны (Библиотека журнала «Радио»), вып. 1, Изд. ДОСААФ, 1959.

Содержит статьи Э. Борноволокова «Ультракороткие волны», В. Фурина «Радиостанция на 38—40 *Мгц* и В. Тимохина «Радиостанция на 144—146 *Мгц*».

Г. П. Грудинская, Распространение УКВ, изд. 2-е (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

В книге приводятся сведения о радиоволнах, антеннах, электрических свойствах поверхности земли и атмосферы и рассматриваются особенности распространения радиоволн различных диапазонов, в основном ультракоротковолнового.

П. Дорватовский и В. Иванов, Ответы на вопросы радиолюбителей, Изд. ДОСААФ, 1960.

Своеобразный справочник по вопросам, наиболее часто интересующим радиолюбителей-конструкторов.

В книгу включены переработанные материалы из статей и ответов, дававшихся в разделе «Наша консультация» в журнале «Радио». Второй раздел Справочника — «Короткие и ультракороткие волны».

Г. Г. Костанди и В. В. Яковлев, УКВ приемники для любительской связи (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

В брошюре подробно описаны самодельные приемники, предназначенные для работы в любительских УКВ диапазонах, и даны методические указания по их налаживанию.

Брошюра предназначена для радиолюбителей, начинающих работать в области УКВ связи.

Л. И. Куприянович, Карманные радиостанции (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

В брошюре, предназначенной для радиолюбителей, работающих в области УКВ и имеющих некоторый опыт изготовления радиоаппаратуры, описываются схемы и конструкции шести карманных радиостанций и даются указания по их сборке и налаживанию.

Книга сельского радиолюбителя, Изд. ДОСААФ, 1961.

В книге есть глава «Ультракоротковолновая аппаратура» с описанием УКВ антенн, УКВ приемников и УКВ передатчиков, в схемах которых используются электронные лампы и транзисторы. Описаны простые самодельные приборы для налаживания любительской УКВ аппаратуры.

Даются указания по пересчету катушек и по переделке старых конструкций, работавших в диапазоне 38—40 *Мгц*.

Справочник начинающего радиолюбителя под общей редакцией Р. М. Малинина (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Пятый раздел справочника—«Любительская радиотелефонная связь на УКВ».

Статьи

М. Долуханов, Новое в теории распространения радиоволн, «Радио», 1959, № 1.

Ю. Баранов, Передатчик на 420 *Мгц*, «Радио», 1959, № 7.

В. Ломанович, Переделка УКВ радиостанции, описанной в № 3 за 1958 г. на диапазон 35—30 *Мгц*, «Радио», 1959, № 8.

Н. Ронжин, Перестройка передатчика с диапазона 38—40 *Мгц* на диапазон 28—30 *Мгц*, «Радио», 1959, № 8.

В. Ломанович, Бесшумный сверхрегенераторный приемник (144—146 *Мгц*), «Радио», 1959, № 9.

Антенна начинающего ультракоротковолновика, «Радио», 1959, № 11.

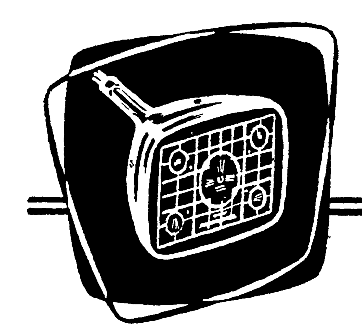
Н. Есеев, УКВ приставка к вещательному приемнику, «Радио», 1960, № 2.

Н. Игнатьев, УКВ радиостанция и радиовещательный приемник, «Радио», 1961, № 3 и 4.

Описание установки, состоящей из УКВ передатчика, работающего в диапазоне 28—29,7 *Мгц*, и радиовещательного приемника, работающего в диапазонах длинных, средних и коротких волн и приспособленного для работы в диапазоне 28—29,7 *Мгц*.

Комплект деталей для сборки этой установки высылает Московская база Главкоопкультторга по заказам культмагов, раймагов и сельмагов потребкооперации (Москва, Б-5, 1-й Переведеновский пер., д. 43).





Глава тринадцатая

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

ПРИНЦИПЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ[1]

Последние два столетия характеризуются бурным прогрессом различных областей техники. Изобретение и развитие паровых двигателей, электрических машин, двигателей внутреннего сгорания, электроники позволили осуществить внедрение машин во все отрасли промышленности и сельского хозяйства. Новую эру знаменует собой овладение атомной энергией.

Техника глубоко вошла в быт. Широчайшие горизонты в развитии культуры открыло радио. Победоносно шествует телевидение — одно из наиболее интересных творений человеческого гения. Оно начинает проникать во многие области науки и техники. Недалеко то время, когда их дальнейшее развитие будет невозможным без телевидения так же, как оно невозможно сейчас без электричества, радио и электроники.

В программе КПСС говорится, что все районы страны получат хорошую и устойчивую связь и будут охвачены сетью взаимосвязанных телевизионных станций.

* *
*

Телевидение, как наука о передаче изображений на расстояние, значительно старше своих «братьев» — радио и электроники — и существует уже около 100 лет. Однако, как отрасль техники современное высококачественное телевидение насчитывает немногим больше 20 лет. Объясняется это тем, что практическое осуществление давно известного принципа передачи движущихся изображений оказалось возможным лишь на определенной стадии развития радиотехники и особенно электроники.

Электрическая энергия является единственным видом энергии, которую человек умеет передавать на большие расстояния, даже когда между источником и приемником существуют какие-либо преграды. Поэтому любой другой вид энергии, который надо передать на большое расстояние, будь то энергия звука или световая энергия изображения, должен быть преобразован в электрический ток.

Передача звуковой энергии или световой энергии изображения осуществляется с помощью переменного тока, изменяющегося в соответствии с изменениями передаваемой энергии. Электрический ток может очень быстро изменяться по любому заданному закону и обладает той особенностью, что в каждое мгновение он имеет в какой-либо точке канала связи одно-единственное значение.

В этом отношении переменный электрический ток очень сходен со звуком. Давление, создаваемое в данной точке пространства любым, самым сложным источником звука, например оркестром, может изменяться как угодно быстро и по сколь-угодно сложному закону, но в каждое мгновение оно имеет только одно значение. Поэтому преобразование звуковой энергии в электрическую — сравнительно простая задача. осуществляемая с помощью микрофона

Значительно сложнее преобразование световой энергии изображения, особенно движущегося, в электрическую. Любое изображение состоит из большего или меньшего, в зависимости от его сложности, количества световых

[1] А. Я. Брейтбарт, «Наука и жизнь», 1957, № 5. Новая редакция для Хрестоматии.

пятен различной формы и интенсивности. Форма и расположение пятен могут изменяться во времени, но в каждый данный момент они все существуют одновременно и не могут быть переданы с помощью одного какого-то значения тока. Для непосредственного преобразования световой энергии изображения в электрический ток потребовалось бы столько каналов связи, сколько имеется отдельных световых пятен на изображении. Естественно, что осуществить это практически невозможно.

Поэтому для передачи изображений как неподвижных (в фототелеграфии), так и движущихся (в телевидении) был применен принцип разложения изображения на элементы. Он состоит в том, что все изображение разбивается на небольшие участки. Чем меньше эти участки, тем больше мелких деталей можно передать, тем выше «четкость» изображения.

Световая энергия каждого элемента преобразуется в электрический ток, причем это преобразование происходит не одновременно, а последовательно во времени. Таким образом, возникает серия следующих друг за другом электрических импульсов, т. е. переменный электрический ток. Такой ток уже может быть передан по одному каналу связи (по одной паре проводов или по радио). В месте приема электрические импульсы преобразуются в световые. При этом все возникающие световые пятна размещаются в том же порядке, в каком они были расположены на самом изображении.

Но каким же образом можно увидеть изображение вместо возникающих один за другим световых импульсов, как бы правильно они ни были расположены?

Для получения слитного изображения на помощь технике приходит своеобразная особенность человеческого глаза. Зрительное ощущение благодаря инерционности зрения длится в среднем около 0,1 *сек*, как бы кратковременно ни было световое раздражение. Следовательно, если передать все элементы, на которые разложено изображение, за промежуток времени, не превышающий 1/10 доли секунды, то в момент, когда будет передаваться последний элемент изображения, световое ощущение от первого элемента еще не успеет исчезнуть. У зрителя создается впечатление, что все световые импульсы существуют одновременно, и поэтому он видит слитное изображение. Так как зрительное ощущение ослабевает с течением времени, то во избежание появления мерцания изображения необходимо все элементы одного изображения передавать за промежуток времени более короткий, чем время инерции глаза.

Этот промежуток времени должен быть тем меньшим, чем выше яркость изображения. В современных телевизорах яркость экрана такова, что мерцание исчезает, лишь когда время передачи всех элементов изображения, или, как говорят, время передачи одного кадра, не превосходит 1/50 *сек*. Важно отметить, что при этом передаются без искажения движения передаваемого объекта.

Естественно, что чем меньше время передачи одного кадра, тем больше возрастают скорость передачи телевизионного сигнала и сложность схемы телевизионного приемника, а следовательно, и его стоимость.

С целью снижения стоимости телевизора и сохранения немерцающего изображения прибегают к специальному типу передачи элементов изображения, называемому чересстрочной разверткой.

В телевизионном вещании элементы передаются (развертываются) по строкам, причем элементы в строке передаются слева направо, а строки сменяют друг друга сверху вниз. Таким образом, порядок передачи элементов изображения соответствует порядку чтения книги. Однако при чересстрочной развертке порядок следования строк несколько сложнее. В каждом кадре передаются не все строки подряд, а через одну, причем если в одном из кадров были переданы нечетные строки, то в следующем передаются четные, заполняющие получившиеся промежутки, затем — опять нечетные и т. д. Таким образом, за каждую 1/50 *сек* передаются не все строки, а только половина. Благодаря инерции глаза зритель этого практически не замечает. Мерцание же изображения отсутствует, так как каждый полукадр передается с достаточно большой скоростью.

Техника чересстрочной развертки, относительно проста. Необходимо лишь, чтобы число строк в кадре было нечетным и строго постоянным. При этом усложняется схема телевизионного передатчика, схема же телевизора существенно упрощается благодаря уменьшению полосы передаваемых частот в 2 раза.

След движения элемента изображения по строке каждый может наблюдать на экране телевизора.

Если подойти достаточно близко к экрану, легко обнаружить, что изображение состоит из тонких горизонтальных линий. Правда, заметить движение светового пятна невозможно из-за описанной выше инерционности зрения.

Следует упомянуть, что и современные телевизионные экраны обладают световой инерцией, помогающей восприятию изображения.

Число элементов, на которое разбивается все изображение, неодинаково в разных странах. В СССР принято разложение на 625 строк. Так как в строке около 900 элементов, все изображение разбивается на полмиллиона элементов (625×900), которые передаются 25 раз в секунду. Таким образом, общее число элементов, передаваемых в 1 *сек*, достигает огромной величины — около 14 миллионов!

Для передачи столь большого числа электрических импульсов необходимы весьма совершенные электронные лампы и радиотехнические приборы, причем передача по радио может быть осуществлена только на ультракоротких волнах. К этому следует добавить, что световая энергия одного элемента изображения составляет совершенно ничтожную величину так как общая энергия изображения распределяется между всеми его элементами). Поэтому для преобразования ее в электрическую энергию, требуются очень сложные вакуумные приборы. Именно этими обстоятельствами и объясняется сравнительно поздний расцвет техники телевидения.

Как уже упоминалось, световые элементы должны быть расположены на приемном конце в той же строгой последовательности, что и на передающем. В противном случае никакого изображения не удастся воспроизвести. Требуемая последовательность достигается в телевизоре соответствующей настройкой двух генераторов: генератора строчной частоты, осуществляющего перемещение светового элемента по строке, и генератора кадровой частоты, задающего правильную последовательность строк.

Многие, вероятно, неоднократно убеждались в том, что в случае неправильной настройки этих генераторов (ручки настройки которых имеются в каждом телевизоре) либо изображение перемещается вверх или вниз, либо вместо изображения на экране наблюдаются наклонные линии, а то и просто хаотическое нагромождение непрерывно перемещающихся черных пятен. Это означает, что нарушена синхронизация, т. е. строго согласованное во времени движение двух элементов на передающем и приемном концах.

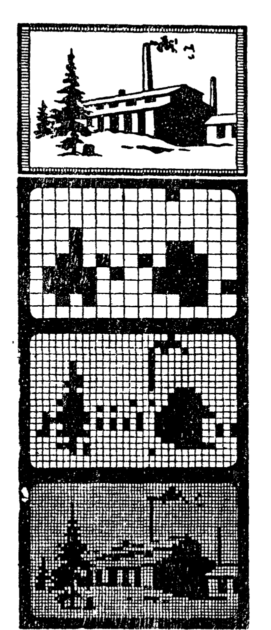


Рис. 1. Чем меньше участки, на которые разбивается изображение, тем больше мелких деталей можно передать.

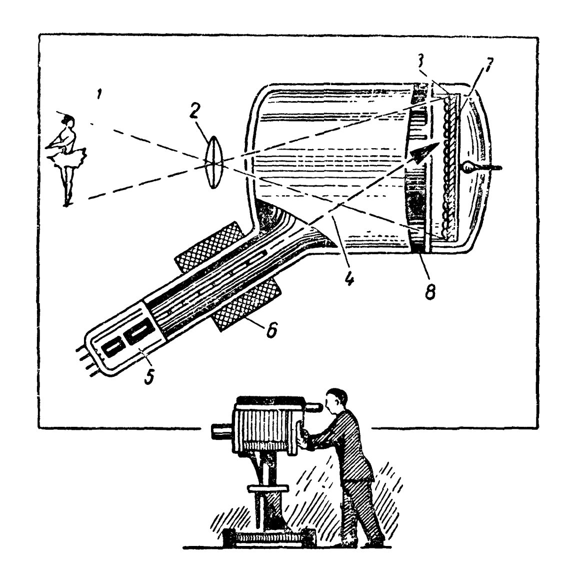


Рис. 2. Передаваемое изображение *1* проектируется при помощи объектива *2* на мозаику *3* иконоскопа, находящегося в телевизионной камере. Разложение изображения производится электронным лучом *4*, создаваемым электронным прожектором *5*. Отклоняющая система *6* заставляет электронный луч обегать мозаику. Возникающие в цепи мозаики, сигнальной пластины *7* и коллектора *8* электрические сигналы подаются на усилитель.

Для преобразования световой энергии в электрическую используется явление фотоэффекта, наблюдаемое у некоторых металлов и заключающееся в том, что свет, попадая на их поверхность, увеличивает энергию всегда имеющихся свободных электронов, в результате чего они приобретают большие скорости и могут покинуть металл. Если поместить металлическую поверхность в вакуум, то освободившиеся электроны можно собрать на другой металлической поверхности, так что между ними возникает ток, пропорциональный величине световой энергии.

Теперь расскажем коротко об устройстве иконоскопа — простейшей передающей трубки (в настоящее время применяются более сложные передающие трубки). В стеклянном цилиндрическом баллоне, из которого удален воздух, помещен светочувствительный слой, нанесенный на изоляционную пластинку.

Этот слой, называемый мозаикой, состоит из множества мельчайших, изолированных друг от друга светочувствительных зерен. С противоположной стороны изоляционной пластинки нанесен металлический слой, называемый сигнальной пластинкой.

На мозаику с помощью фотографического объектива проектируется изображение. Световая энергия изображения выбивает из светочувствительных зерен мозаики электроны, которые попадают на коллектор, нанесенный на внутреннюю поверхность баллона. Элементы мозаики теряют тем больше электронов, чем больше световой энергии попадает на них. В результате на мозаике образуется «электрический рельеф», в точности повторяющий распределение света и тени на изображении. В горловине цилиндрической колбы расположен «электронный прожектор» («электронная пушка») — устройство, формирующее тонкий пучок электронов, летящих с большой скоростью на мозаику. Чтобы электронный пучок обегал мозаику по строкам по всей ее поверхности, имеется отклоняющая система, расположенная на горловине. Когда электронный пучок попадает на какое-нибудь место мозаики, он восстанавливает на нем все электроны, потерянные в результате воздействия световой энергии. При этом в цепи, состоящей из сигнальной пластинки, мозаики и коллектора, возникает импульс тока, тем больший, чем больше было потеряно в данной точке электронов, и, следовательно, чем ярче было освещено это место. Таким образом, в цепи сигнальной пластинки возникает переменный электрический ток; он усиливается, затем к нему добавляются специальные сигналы, необходимые для получения синхронного движения светового пятна в приемнике. Наконец, ток преобразуется в радиопередатчике таким образом, чтобы он мог попасть в антенну телезрителя в виде электромагнитных колебаний.

Обратное преобразование электрической энергии в световую и, следовательно, восстановление изображения происходят в приемной трубке — кинескопе (расположен в телевизоре), который устроен следующим образом.

Из конической колбы, дно которой покрыто люминофором — веществом, способным светиться под воздействием попадающих на него быстрых электронов, откачан воздух. В цилиндрической горловине, как и в иконоскопе, помещен электронный прожектор. Создаваемый им электронный пучок под действием отклоняющей системы чертит на люминофоре строки.

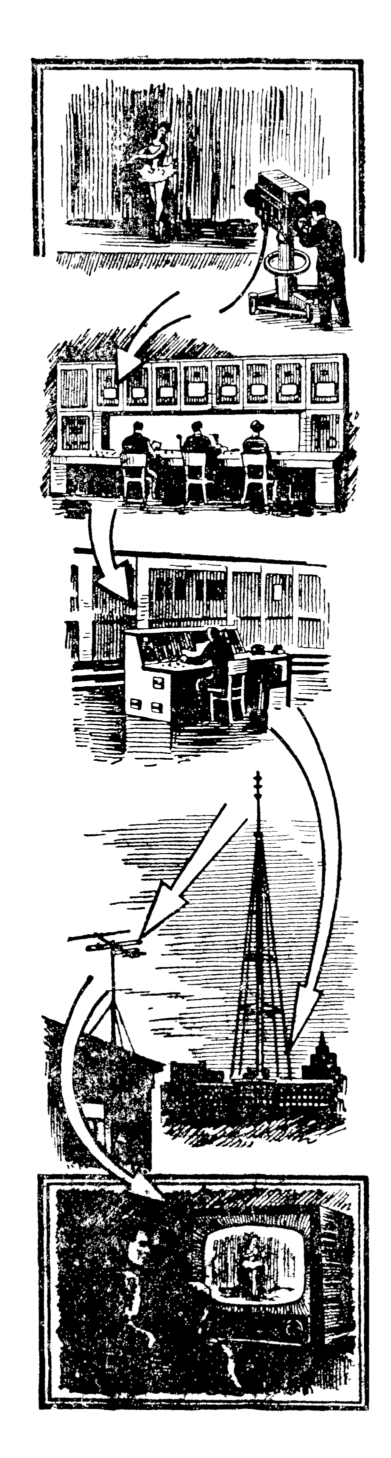


Рис. 3. Световая энергия изображения преобразовывается в телевизионной камере в электрические сигналы, которые из аппаратной студии поступают в радиопередатчик. Ультракороткие волны, излучаемые антенной телевизионного центра, принимаются антенной телевизора. Преобразование электрических сигналов в изображение осуществляется в кинескопе, дно которого, покрытое люминесцентным слоем, является экраном телевизора.

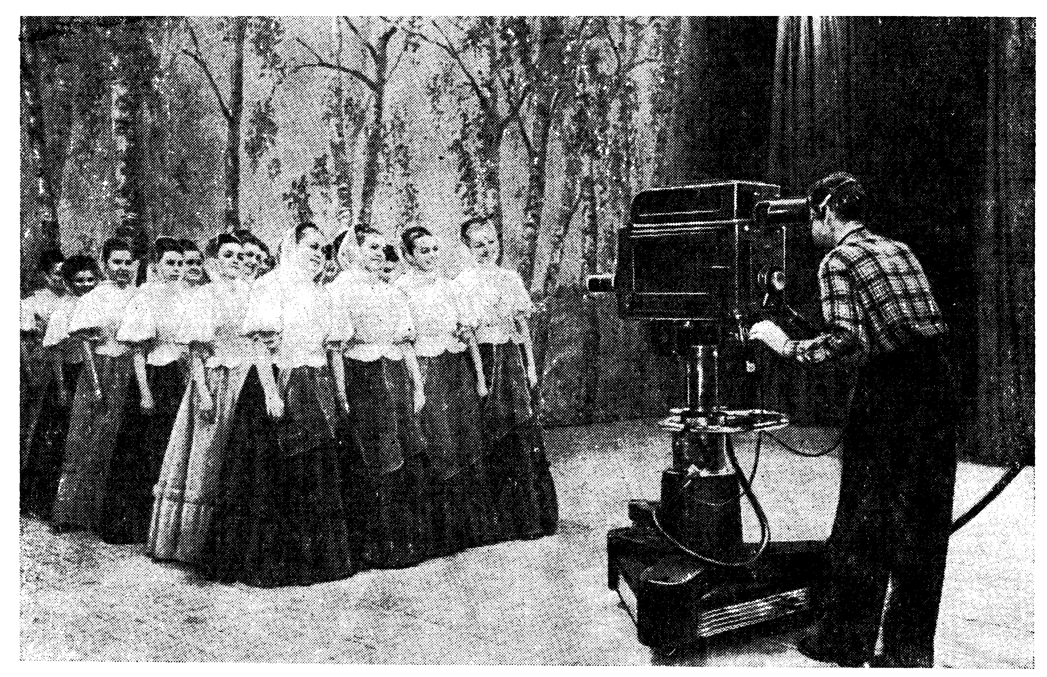


Рис. 4. Передача из Большой студии Московского телевизионного центра. Выступает хореографический танцевальный ансамбль „Березка“.

Принятый антенной телевизионный сигнал преобразуется и усиливается, после чего он подается на один из электродов электронного прожектора, называемый управляющим. Назначение этого электрода — изменять интенсивность электронного пучка пропорционально интенсивности подаваемого на него сигнала. Так как люминофор светится тем сильнее, чем интенсивнее электронный пучок, а движение электронного пучка строго синхронно с движением электронного пучка в передающей трубке, распределение света и тени на люминофоре оказывается таким же, как на мозаике иконоскопа. На люминофоре возникает то же изображение, что и на мозаике.

Кроме усилителя, в телевизоре имеются специальные генераторы для питания отклоняющей системы током требуемой формы, устройство для синхронизации этих генераторов и, следовательно, движения электронного луча, источники питания и другие вспомогательные устройства.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые за последние годы в области телевидения, передаваемые изображения не лишены ряда недостатков. Но телевизионная техника интенсивно совершенствуется и развивается, что, несомненно, приведет к значительному повышению качества изображений.

ЧИСЛО СТРОК И ПОЛОСА ЧАСТОТ[1]

Четкость телевизионного изображения принято характеризовать числом строк, на которое оно делится. Это число часто называют стандартом четкости.

В начале 30-х годов у нас было 30-строчное телевидение. В конце 30-х годов, после перехода с механического телевидения на электронное, Ленинград вел передачи с разбивкой изображения на 240 строк, а Москва — на 343 строки. При возобновлении телевизионных передач после Великой Отечественной войны Ленинград применил разбивку на 441 строку, а Москва — на 625 строк. Вскоре разбивка изображения на 625 строк была закреплена как Всесоюзный стандарт, обязательный для всех наших телевизионных передатчиков. Этот стандарт четкости — один из самых высоких в мире.

Но следует отметить, что одно только число строк не характеризует полностью четкость телевизионной передачи. Число строк определяет вертикальную четкость, т. е. то количество отдельных элементов, которое может содержать на экране телевизора вертикальная линия. Четкость же (или разрешающая способность) по горизонтали — число элементов, которое может содержать строка изображения, зависит от полосы частот, излучаемой передатчиком и воспроизводимой приемником.

У нас принят формат изображения 4×3, т. е. длина изображения больше его высоты в 1,33 раза. Этот

[1] Л. В. Кубаркин и Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника, (Массовая радиобиблиотека) Госэнергоиздат, 1956. Новая редакция.

формат соответствует стандарту, принятому в кино; он приятен для глаза.

Номинальный размер того растра, который чертит элемент разложения, больше рассматриваемого изображения, так как в конце каждой строки и каждого кадра передаются специальные сигналы, используемые для затемнения обратного хода луча передающей и приемной электронно-лучевых трубок, а также для синхронизации разверток в передатчике и приемнике. Строчный затемняющий импульс длиннее кадрового, вследствие чего фактический формат растра отличается от номинального формата изображения (формата кадра) и равен приблизительно 1,47.

По вертикали телевизионное изображение разбивается на 625 строк. Если считать, что каждый элемент изображения должен представлять собой квадратик со стороной, равной ширине строки, то число элементов в строке будет:

$$625 \cdot 1{,}47 = 920,$$

а всего изображение будет состоять из $625 \cdot 920 = 580\,000$ элементов. Видно же будет в пределах кадра $575 \times \times 765 = 440\,000$ элементов.

У такого изображения четкость по вертикали и горизонтали будет одинаковой. Определим длительность передачи одного элемента. Для этого нам надо знать, сколько времени уходит на прочерчивание одной строки. По действующему у нас стандарту телевизионное изображение делится на 625 строк; в секунду передается 25 кадров. Следовательно, в секунду электронный луч прочерчивает

$$25 \cdot 625 = 15\,625 \text{ строк.}$$

Продолжительность прочерчивания одной строки составляет:

$$1 : 15\,625 = 0{,}000064 \; \textit{сек} = 64 \; \textit{мксек}.$$

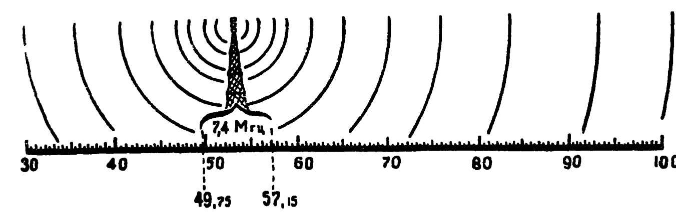
Следовательно, продолжительность передачи одного элемента изображения равна:

$$64 : 920 = 0{,}07 \; \textit{мксек}.$$

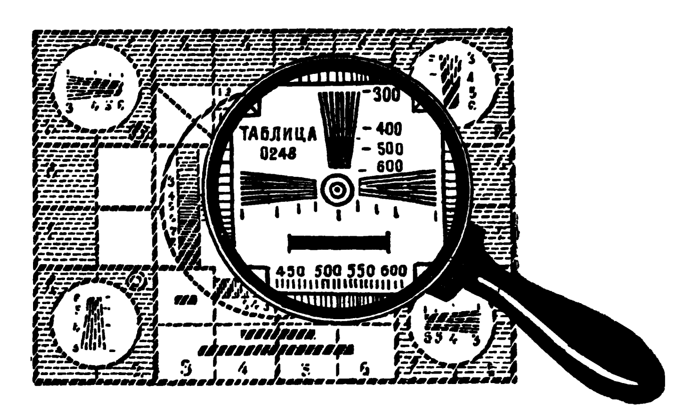
Если один из двух квадратиков изображения, лежащих рядом на строке, белый, а другой — черный, то ток, модулирующий телевизионный передатчик, должен измениться от минимума до максимума за время передачи двух элементов. Следовательно, частота этого тока должна быть:

$$\frac{1}{2 \cdot 0{,}07 \cdot 10^{-6}} = 7\,000\,000 \; \textit{гц} = 7 \; \textit{Мгц}.$$

А так как излучаемая передатчиком полоса частот определяется высшей модулирующей частотой, то полоса телевизионной передачи должна составлять 7 *Мгц*.



Наши современные телевизоры пропускают полосу около 5 *Мгц*. Нетрудно подсчитать, что при такой по-



лосе время передачи одного элемента составит не 0,07 *мксек*, а

$$\frac{10^6}{2 \cdot 5 \cdot 10^6} = 0{,}1 \; \textit{мксек}.$$

При такой длительности передачи одного элемента в строке содержится:

$$\frac{64}{0{,}1} = 640 \text{ элементов.}$$

При этом разрешающая способность по горизонтали будет составлять приблизительно

$$640 : 1{,}47 = 440 \text{ линий.}$$

Это и есть приблизительное число линий, которое определяется по вертикальному клину испытательной телевизионной таблицы, т. е. фактическая четкость изображения по горизонтали. При полном использовании стандарта горизонтальная строка изображения должна состоять из 920 элементов, фактически же при полосе 5 *Мгц* она состоит всего из 640 элементов, а все изображение вместо 580 000 элементов состоит из $625 \cdot 640 = 400\,000$ элементов.

Ниже помещена таблица, в которой приведены приближенные значения четкости по горизонтали и общее число элементов в изображении при различных полосах частот.

Полоса частот, *Мгц*	Разрешающая способность	Число элементов в изображении
3	260	240 000
3,5	310	280 000
4	350	320 000
4,5	400	360 000
5	440	400 000

Из таблицы видно, что если, например, число строк, определенное по вертикальному клину испытательной таблицы, равно 420, то полоса частот, воспроизводимая телевизором, составляет примерно 4,75 *Мгц*.

Таким образом, четкость телевизионных изображений определяется не только числом строк, но и полосой частот. Первое характеризует четкость по вертикали, а вторая — по горизонтали. При данном числе строк четкость по горизонтали тем выше, чем шире полоса частот.

Естественно, что ширина пропускаемой полосы частот зависит не только от телевизора, но и от антенны. Лучшие телевизионные антенны поэтому и называются широкополосными.

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ТРУБКИ [1]

Электронно-лучевая трубка, изобретенная еще в 1897 г., является электронно-вакуумным прибором, который имеет много общего с обычной электронной лампой. Внешне трубка представляет собой стеклянную колбу с удлиненной горловиной и плоской торцовой частью — экраном.

Внутри колбы и горловины, так же как и внутри баллона электронной лампы, располагаются электроды, выводы которых, так же как и у лампы, подпаяны к ножкам цоколя.

Основное назначение электронно-лучевой трубки — образование видимого изображения с помощью электрических сигналов. Подводя к электродам трубки соответствующие напряжения, можно «рисовать» на ее экране графики переменных напряжения и токов, характеристики различных радиоустройств, а также получать движущиеся изображения, подобным тем, которые мы видим на экране кино.

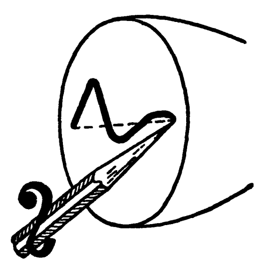


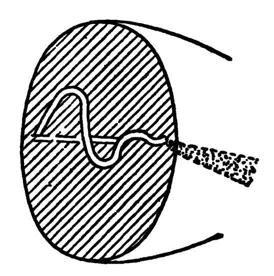
Рис. 1. Чудесный карандаш.

Все это делает электронно-лучевую трубку незаменимой частью телевизоров, радиолокаторов, многих измерительных и вычислительных приборов.

Какой же «быстрый карандаш» успевает зарисовывать на экране электронно-лучевой трубки импульсы тока, которые длятся миллионные доли секунды? Каким образом удается подбирать тона сложного рисунка? Как можно мгновенно «стирать» с экрана одно изображение и с такой же быстротой создать другое? (рис. 1).

Люминесцирующий экран и электронный луч. В основе работы электронно-лучевой трубки лежит способность некоторых веществ (виллемит, сернистый цинк, алюминат цинка) светиться (люминесцировать) под действием электронной бомбардировки.

Если таким люминесцирующим веществом покрыть изнутри анод обычной электронной лампы, то он будет ярко светиться за счет бомбардировки электронами, образующими анодный ток. Между прочим, такой люминесцирующий анод используется в одной из специальных электронных ламп — оптическом индикаторе настройки 6Е5С. Люминесцирующим составом покрывают изнутри утолщенный торец колбы, образуя таким образом люминесцирующий экран электронно-лучевой трубки. С помощью специального устройства —«электронной пушки»— из горловины трубки на экран направляют узкий пучок электродов —«электронный луч». В том месте, где электроны ударяются о люминесцирующий слой, на экране образуется светящаяся точка, которая отлично видна (с торца) снаружи трубки сквозь стекло. Чем большее количество электронов образует луч и чем с большей скоростью эти электроны движутся, тем ярче светящаяся точка на люминесцирующем экране.



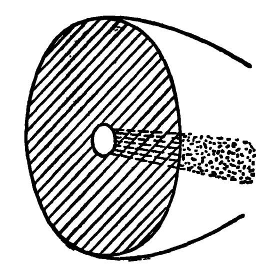


Рис. 2. Экран светится под действием пучка электронов.

Если электронный луч перемещать в пространстве, то и светящаяся точка также будет двигаться по экрану, причем если перемещение луча происходит достаточно быстро, то наш глаз вместо движущейся точки увидит на экране сплошные светящиеся линии (рис. 2).

Если электронным лучом быстро прочертить весь экран строка за строкой и при этом соответствующим образом менять ток луча (т. е. яркость светящейся точки), то на экране можно будет получить сложную и достаточно четкую картину.

Таким образом, изображение на люминесцирующем экране трубки получается с помощью остро направленного пучка электронов и поэтому, так же как и в электронной лампе, основные процессы в трубке связаны с получением и упорядоченным движением свободных электронов в вакууме.

Электронно-лучевая трубка и триод. Электронно-лучевая трубка во многом напоминает усилительную лампу — триод. Так же как и в лампе, в трубке имеется катод, испускающий электроны, необходимые для образования электронного луча. От катода трубки электроны движутся к экрану, который, так же как и анод триода, имеет высокий положительный потенциал относительно катода.

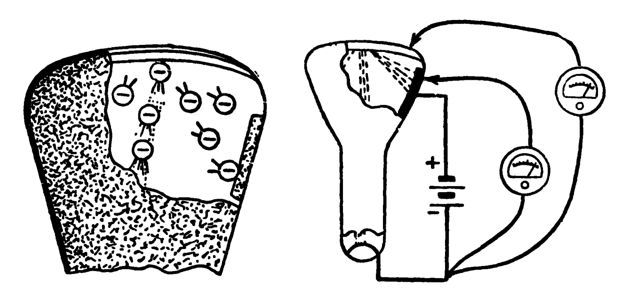


Рис. 3. Возникновение вторичных электронов

Однако подача положительного напряжения непосредственно на экран затруднена, так как люминесцирующее вещество является полупроводником. Поэтому положительные напряжения на экране приходится создавать косвенным путем. Колбу изнутри покрывают слоем графита, на который и подают положительное напряжение. Электроны, образующие луч, с силой ударяя в люминесцирующее вещество, «выбивают» из него так называемые «вторичные» электроны, которые упорядоченно движутся к графитовому покрытию под действием положительного напряжения на нем (рис. 3).

В первый момент число вторичных электронов, покидающих экран, намного превышает число попадающих в него электронов луча. Это приводит к тому, что в атомах люминесцирующего вещества образуется нехватка электронов, т. е. экран приобретает положительный потенциал. Равновесие между числом попадающих на экран электронов и числом выбиваемых из него вторичных электронов установится лишь тогда, когда напряжение на экране трубки окажется близким к напряжению на графитовом покрытии. Таким образом, ток в электронно-лучевой трубке замыкается по пути ка-

[1] Е. П. Овчаренко и Р. А. Сворень, «Радио», 1956, № 9. Новая редакция.

тод — экран — графитовое покрытие, а следовательно, именно графитовое покрытие играет роль анода, хотя электроды, вылетевшие из катода, непосредственно на него не попадают.

Вблизи катода трубки располагается управляющий электрод (модулятор), который играет ту же роль, что и управляющая сетка триода. Меняя напряжение на управляющем электроде, можно изменять величину тока луча, что в свою очередь приведет к изменению яркости светящейся на экране точки.

Однако наряду со сходством между усилительной электронной лампой и электронно-лучевой трубкой в работе последней имеются особенности, принципиально отличающие ее от триода.

Во-первых, электроны движутся от катода к экрану трубки узким пучком, в то время как к аноду лампы они движутся «широким фронтом».

Во-вторых, для того чтобы, передвигая светящуюся точку по экрану, создавать на нем изображение, необходимо изменять направление движения летящих к экрану электронов и, таким образом, перемещать электронный луч в пространстве.

Из всего этого следует, что важнейшими процессами, отличающими трубку от триода, являются образование тонкого электронного луча и отклонение этого луча в разные стороны.

Образование и фокусировка электронного луча. Образование электронного луча начинается уже около катода электронно-лучевой трубки, который состоит из маленького никелевого цилиндра с колпачком, покрытым эмиттирующим (хорошо испускающим электроны при нагревании) материалом. Внутри цилиндра помещается изолированная проволока — подогреватель. Благодаря такой конструкции катода электроны излучаются со значительно меньшей поверхности, чем в обычной электронной лампе. Это сразу создает некоторую направленность пучка летящих от катода электронов.

Катод электронно-лучевой трубки помещен в тепловой экран — металлический цилиндр, торцовая часть которого, направленная в сторону колбы, открыта. Благодаря этому электроны движутся от катода не во все стороны, как это имеет место в лампе, а только в направлении люминесцирующего экрана. Однако, несмотря на специальную конструкцию катода и тепловой экран, поток движущихся электронов остается чрезмерно широким.

Резкое сужение потока электронов осуществляется управляющим электродом, который хотя и выполняет роль управляющей сетки, конструктивно ничего общего с сеткой не имеет. Управляющий электрод выполнен в виде накрывающего катод цилиндра, в торцовой части которого сделано круглое отверстие диаметром в несколько десятых долей миллиметра.

На управляющий электрод подают значительное (несколько десятков вольт) отрицательное смещение, благодаря чему он отталкивает электроны, обладающие, как известно, отрицательным зарядом. Под действием отрицательного напряжения траектории (пути движения) электронов, проходящих сквозь узкое отверстие в управляющем электроде, «сжимаются» к центру этого отверстия и таким образом образуется довольно тонкий электронный луч.

Однако для нормальной работы трубки нужно не только создать электронный луч, но и произвести его фокусировку, т. е. добиться того, чтобы траектории всех электронов луча сходились на экране в одной точке. Если фокусировки луча не производить, то на экране вместо светящейся точки появится довольно большое светящееся пятно и вследствие этого изображение окажется расплывчатым или, как говорят фотолюбители, «нерезким».

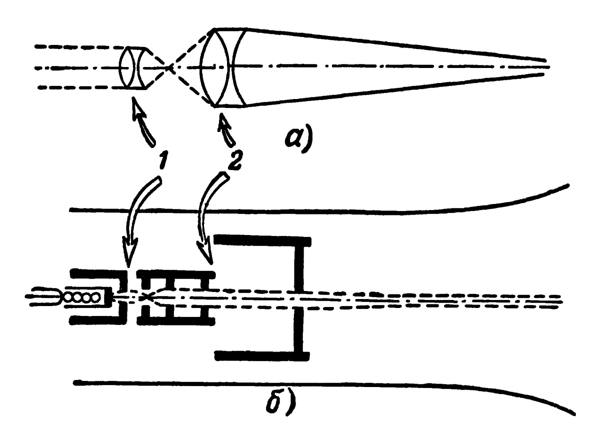


Рис. 4. „Электронная пушка" и ее оптическая аналогия.

Фокусировка луча осуществляется электронной оптической системой, которая действует на движущиеся электроны так же, как и обычная оптика на световые лучи. Электронная оптическая система образуется электростатическими линзами (статическая фокусировка) либо электромагнитными линзами (магнитная фокусировка), конечный результат действия которых одинаков.

Электростатическая линза — это не что иное (рис. 4,*а*), как образованное с помощью специальных электродов электрическое поле, под действием которого искривляются траектории электронов луча. В трубке со статической фокусировкой (рис. 4,*б*) обычно имеются две линзы, для образования которых используют уже известный нам управляющий электрод, а также два специальных электрода: первый и второй аноды. Оба эти электрода представляют собой металлические цилиндры, иногда разных диаметров, на которые подают большое положительное (относительно катода) напряжение: на первый анод — обычно 200—500 *в*, на второй — 800—15 000 *в*.

Первая линза образуется между управляющим электродом и первым анодом. Ее оптическим аналогом является короткофокусная собирающая линза, состоящая из двух элементов: двояковыпуклой и двояковогнутой линз. Эта линза дает внутри первого анода изображение катода, в свою очередь проектируемого на экран трубки с помощью второй линзы.

Вторая линза образуется полем между первым и вторым анодами и аналогична первой линзе, за исключением того, что ее фокусное расстояние значительно больше. Таким образом, первая линза играет роль конденсора, а вторая линза — главной проекционной линзы.

Внутри анодов располагают тонкие металлические пластины с отверстиями в центре — диафрагмы, которые улучшают фокусирующие свойства линз.

Изменяя напряжение на любом из трех образующих электростатические линзы электродов, можно менять свойства линз, добиваясь хорошей фокусировки луча. Обычно это делают путем изменения напряжения на первом аноде.

Несколько слов о названиях электродов «первый анод» и «второй анод». Раньше мы установили, что роль анода в электронно-лучевой трубке играет графитовое покрытие вблизи экрана. Однако первый и второй аноды, в основном предназначенные для фокусировки луча, благодаря наличию на них большого положительного напряжения ускоряют электроны, т. е. делают то же, что и анод усилительной лампы. Поэтому названия этих электродов можно считать оправданными, тем более что на них попадает некоторая часть вылетающих из катода электронов.

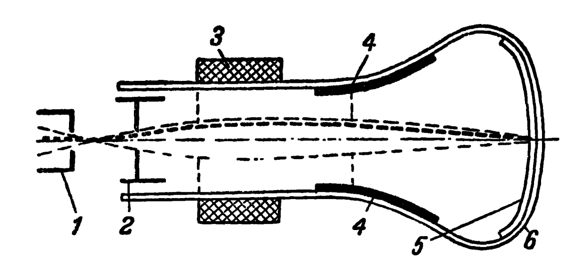


Рис. 5. Трубка с магнитной фокусировкой.
1 — управляющий электрод; *2* — первый анод; *3* — фокусирующая катушка; *4* — графитовое покрытие; *5* — люминесцирующий экран; *6* — колба.

В электронно-лучевых трубках с магнитной фокусировкой (рис. 5) второй анод отсутствует. Роль собирающей линзы в этой трубке играет магнитное поле. Это поле образуется охватывающей горловину трубки катушкой, по которой пропускают постоянный ток. Магнитное поле катушки создает вращательное движение электронов. В то же время электроны с большой скоростью движутся параллельно оси трубки к люминесцирующему экрану под действием положительного напряжения на нем. В результате этого траектории электронов представляют собой кривую, напоминающую винтовую линию. По мере приближения к экрану скорость поступательного движения электронов возрастает, а действие магнитного поля ослабляется. Поэтому радиус кривой постепенно уменьшается и вблизи экрана пучок электронов вытягивается в тонкий прямой луч. Хорошей фокусировки, как правило, добиваются путем изменения тока в фокусирующей катушке, т. е. путем изменения напряженности магнитного поля.

Всю систему для образования электронного луча в трубках часто называют «электронной пушкой» или «электронным прожектором».

Отклонение электронного луча. Отклонение электронного луча, так же как и его фокусировка, осуществляется с помощью электрических полей (электростатическое отклонение) либо с помощью магнитных полей (магнитное отклонение).

В трубках с электростатическим (рис. 6,*а*) отклонением электронный луч, прежде чем попасть на экран, проходит между четырьмя плоскими металлическими

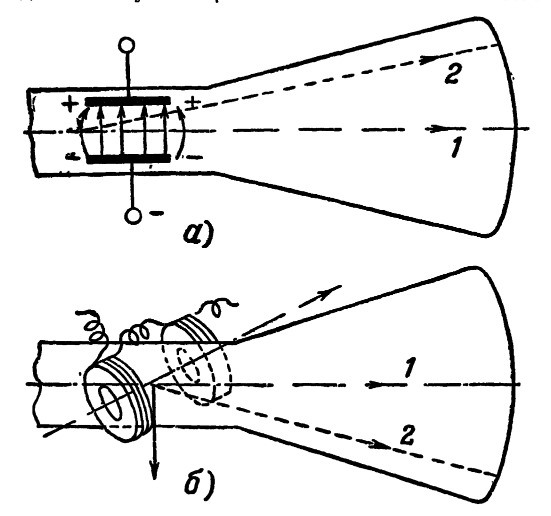


Рис. 6. Управление лучом при помощи.
а — электростатического и *б* — магнитного полей.
1 — путь электрона при отсутствии и *2* при действии отклоняющих полей.

пластинами-электродами, которые получили название отклоняющих пластин. Отклоняющие пластины расположены попарно, как показано на рис. 7.

Если к двум находящимся друг против друга пластинам подвести постоянное напряжение, то пучок электронов сместится в сторону той пластины, на которой будет положительный потенциал. В зависимости от того, в каком направлении отклоняющие пластины смещают электронный луч, в трубке различают пластины горизонтального и вертикального отклонения.

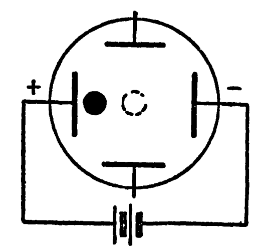


Рис. 7. Расположение пластин в электронно-лучевых трубках с электростатическим отклонением.

Подобрав соответствующие напряжения на отклоняющих пластинах, можно сместить светящуюся точку в любое место экрана.

Отклоняющие пластины располагаются так, что луч сначала проходит между пластинами вертикального отклонения, а затем уже — между пластинами горизонтального отклонения (см. рис. 11 — разрез электронно-лучевой трубки). Поэтому у трубок с электростатическим отклонением луча чувствительность к вертикальному отклонению несколько повышена.

Если подать на отклоняющие пластины переменные

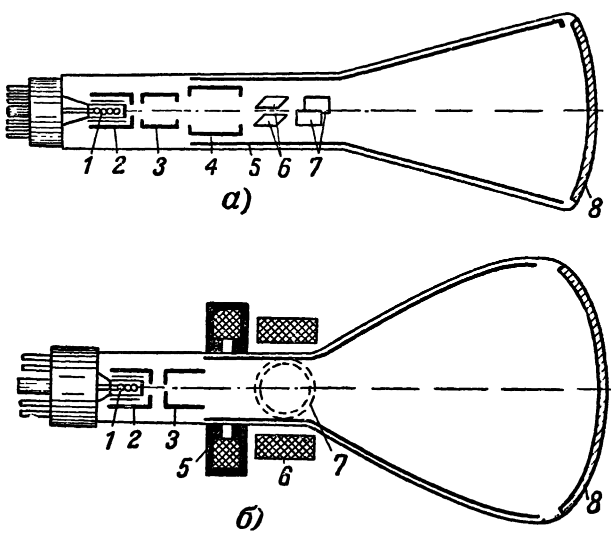


Рис. 8.
а — электронно-лучевая трубка с электростатической фокусировкой и электростатическим отклонением: *1* — катод; *2* — управляющий электрод; *3* — первый анод; *4* — второй анод; *5* — графитовое покрытие; *6* — пластины вертикального отклонения; *7* — пластины горизонтального отклонения; *б* — электронно-лучевая трубка с магнитной фокусировкой и магнитным отклонением; *1* — катод; *2* — управляющий электрод; *3* — анод; *4* — графитовое покрытие; *5* — фокусирующая катушка; *6* — катушка горизонтального отклонения; *7* — катушка вертикального отклонения; *8* — люминесцирующий экран.

напряжения, то электронный луч будет быстро перемещаться в различных направлениях. При этом на экране трубки появится изображение, определяемое величиной, формой, частотой и фазой переменных напряжений (рис. 9).

В трубках с магнитным отклонением луча (рис. 8,*б*) роль отклоняющих пластин выполняют расположенные на горловине трубки катушки, магнитное поле которых воздействует на электронный луч.

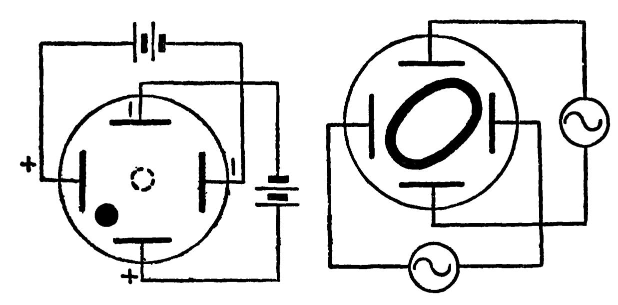


Рис. 9. Отклонение луча в трубках с электростатическим отклонением.

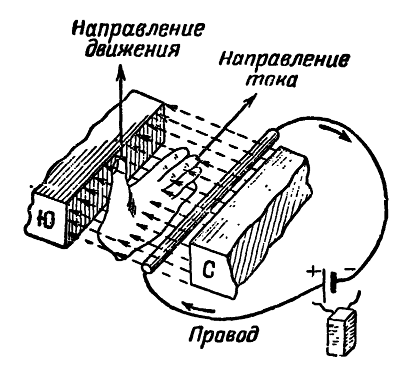


Рис. 10. Действие магнитного поля на проводник с током.

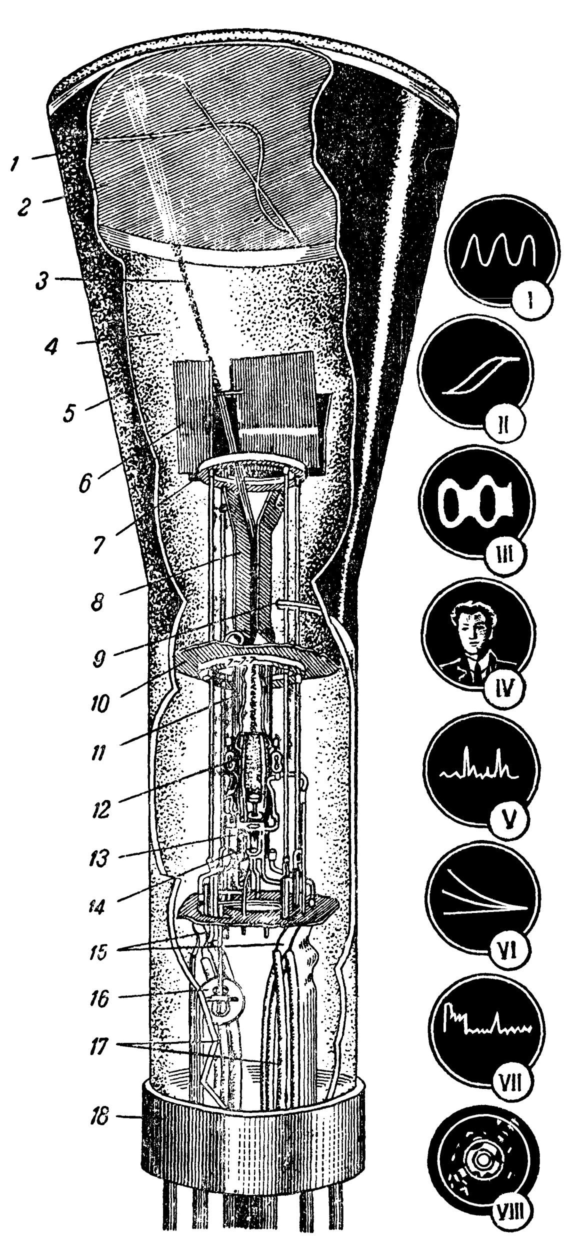


Рис. 11. Разрез электронно-лучевой трубки с электростатическим управлением лучом. Примеры некоторых применений электронно-лучевых трубок.

I — исследование формы переменного тока, на экране трубки — кривая тока; *II* — исследование магнитных свойств материалов, на экране трубки — петля гистерезиса; *III* — измерение глубины модуляции, на экране трубки видна форма модулируемого сигнала; *IV* — телевидение — на экране приемной трубки кинескопа видно изображение; *V* — исследование физиологических процессов, на экране трубки можно, например, видеть кривые, характеризующие работу сердца; *VI* — на экране трубки видна кривая — индикаторная диаграмма, по которой можно судить о работе двигателя или машины (в данном случае — двигателя внутреннего сгорания); *VII* — экран радиолокационного индикатора дальности; *VIII* — экран радиолокационного индикатора кругового обзора.

1 — осциллограмма на экране трубки; *2* — светящееся покрытие экрана — люминофор; *3* — пучок электронов — электронный луч; *4* — графитовое покрытие внутренней стенки колбы; *5* — стеклянная колба; *6* — пластины, отклоняющие электронный луч в горизонтальной плоскости; *7* — изоляционное кольцо; *8* — пластины, отклоняющие электронный луч в вертикальной плоскости; *9* — контакт к графитовому покрытию; *10* — кольцо крепления; *11* — второй анод — ускоряющий электрод; *12* — первый анод — фокусирующий электрод; *13* — „сетка" — управляющий электрод; *14* — катод и подогреватель; *15* — металлические вводы; *16* — поглотитель остатков газа в колбе; *17* — изолированные соединительные провода; *18* — цоколь

Чтобы уяснить, как происходит отклонение луча магнитным полем, нужно вспомнить, как проводник с током выталкивается из магнитного поля (рис. 10).

Электронный луч, который можно рассматривать как проводник с током, в зависимости от направления магнитного поля катушки будет смещаться в том или ином направлении. Изменяя направление и величину тока в катушках, можно отклонять электронный луч, перемещая светящуюся точку по экрану так же, как и в трубках с электростатическим отклонением.

В зависимости от назначения трубки катушки горизонтального отклонения могут конструктивно отличаться от катушек вертикального отклонения.

В настоящее время получили распространение следующие три типа электронно-лучевых трубок:

1. Трубки с электростатической фокусировкой и электростатическим отклонением луча. Эти трубки применяются в основном в измерительной и радиолокационной аппаратуре (рис. 8,*а*).

2. Трубки с магнитной фокусировкой и магнитным отклонением луча. Эти трубки нашли широкое применение в телевизорах (рис. 8,*б*).

3. Трубки с электростатической фокусировкой и магнитным отклонением луча. По такой системе выполнены приемные телевизионные трубки (кинескопы) последних разработок.

Нашей промышленностью выпускается большое количество самых различных электронно-лучевых трубок. В этой статье мы рассказали только об общих принципах работы трубки и касались особенностей электронно-лучевых трубок, применяемых в телевизионной аппаратуре, радиолокационных станциях, измерительных приборах и электронно-вычислительных машинах.

ЦВЕТНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ[1]

В настоящее время, когда телевизионное вещание находит все большее распространение, начинает особенно ощущаться отсутствие цвета в принятом изображении. Благодаря многолетним исследованиям проблему цветного телевидения сейчас можно считать решенной, хотя внедрение его и связано с техническими трудностями.

Для того чтобы понять принципы цветного телевидения, необходимо вкратце вспомнить некоторые особенности зрительного восприятия и законы смешения цветов.

СМЕШЕНИЕ ЦВЕТОВ

Известно, что для воспроизведения большинства цветов окружающих нас предметов необходимо и достаточно смешивать в различных пропорциях три основных цвета: синий, зеленый и красный.

Представим себе белый экран, на который направляется свет от трех проекционных фонарей, из которых каждый снабжен светофильтром — синим, зеленым и красным. Если изменять силу света, даваемого каждым фонарем, то на экране можно получить бесчисленное разнообразие цветов, являющихся результатом смешения трех основных цветов. Таким образом, каждый цвет можно характеризовать относительными количествами этих основных цветов, образующих в смеси данный цвет. При этом *окраска* смеси — ее цветность — будет определяться *соотношением* количеств основных цветов. В то же время яркости одинаково окрашенных участков изображения могут различаться в зависимости от абсолютного количества взятых основных цветов.

Так, например, представим себе два участка изображения — темно-пурпурный и светло-пурпурный. Цветность обоих этих участков одинакова и составлена из смеси равных количеств основных синего и красного цветов. Однако для темного участка взята одна единица количества этих цветов, а для светлого, например, пять единиц.

Или представим себе белый и серый участки изображения. В обоих случаях для получения неокрашенной смеси необходимо взять в равных количествах три основных цвета. Однако для белого участка количество смешиваемых цветов должно быть бо́льшим, чем для серого.

Любой цвет можно описать и несколько иначе, а именно характеризуя его цветовым тоном, чистотой цвета и яркостью. Под цветовым тоном понимают то, что в обыденной жизни называют просто цветом, т. е. основную длину волны световых колебаний. Так, например, синий предмет отличается от красного тем, что основная длина волны отражаемого света в первом случае короче, чем во втором.

В то же время и синий и красный цвета могут быть разной чистоты или, как говорят, разной насыщенности. Представим себе, например, красную краску, к которой примешивается белая. По мере прибавления белой краски результирующий цвет будет меняться от красного до розового вплоть до слегка розовато-белого. Наибольшей возможной насыщенностью обладают спектральные цвета, получающиеся при разложении белого цвета призмой. Чем ближе данный цвет к спектральному, тем его чистота больше. Наоборот, чем больше белого прибавлять к чистому спектральному цвету, тем чистота цвета смеси меньше (см. рис. I на вкладке в конце книги).

Окраску данного образца можно характеризовать тем, насколько она отличается от белого, т. е. равного количества основных цветов. Так, например, пусть цвет данного места изображения определяется смесью основных цветов: трех единиц синего, четырех единиц зеленого и пяти единиц красного. Тогда по три единицы каждого цвета образуют в смеси белый, а окраска образца будет определяться разностями в одну единицу зеленого и две единицы красного и соответствовать мало насыщенному оранжевому.

Однако яркость того же мало насыщенного оранжевого будет больше, если мы, например, возьмем шесть единиц синего, восемь единиц зеленого и десять единиц красного. Поэтому, кроме передачи двух сигналов, характеризующих цветовой тон и насыщенность цвета, необходимо передавать сигнал, пропорциональный общей яркости данного места изображения. Отличие любой системы цветного телевидения от черно-белой заключается прежде всего в том, что цвет характеризуется тремя величинами. При черно-белой передаче достаточно передать лишь один сигнал, пропорциональный яркости той или иной детали объекта. В цветном же телевидении необходимо передать три сигнала от каждого элемента изображения. Эти три сигнала могут соответствовать либо количествам, трех основных цветов, образующих в смеси цвет пере-

[1] В. Л. Крейцер, «Природа», 1956, № 12 (с некоторыми сокращениями).

даваемой детали, либо цветному тону, насыщенности и яркости (см. вкладку, II) той же детали. Этим и объясняется большая сложность систем цветного телевидения по сравнению с системами черно-белого телевидения.

Рассмотрим теперь сами способы смешения основных цветов. В примере с тремя проекционными фонарями результирующий цвет получался одновременным смешением световых потоков (см. вкладку, III). Однако благодаря инерционности зрительного восприятия тот же самый результирующий цвет может быть получен и в том случае, если три окрашенных световых потока будут проектироваться на экран последовательно во времени.

Всем хорошо известен опыт с раскрашенным волчком. Если диск волчка разделить на окрашенные секторы, то при его вращении будет казаться, что он окрашен в цвет смеси. Совершенно такой же результат получится, если на экран направить свет от одного единственного проекционного фонаря, но между экраном и фонарем поместить вращающийся диск с разноцветными светофильтрами. Таким образом, в отличие от первого — одновременного — смешивания цветов, здесь происходит последовательное во времени смешение.

Наконец, следует остановиться еще на одной особенности восприятия цветов, заключающейся в том, что глаз плохо различает цвета мелких деталей изображения. Так, например, цвет ряда тканей определяется тем, что они сотканы из тонких разноцветных нитей. Только при близком рассматривании можно заметить, что, например, лиловая материя соткана из синих и красных нитей. При наблюдении же с обычного расстояния глаз видит цвет смеси, образованной цветами мелких разноцветных деталей. То же имеет место и при рассматривании мозаичных картин (см. рис. IV на вкладке).

Следовательно, цветное изображение может быть воспроизведено при помощи мелких точек или полосок, окрашенных в основные цвета. Меняя яркость точек или полосок каждого цвета, можно воспроизвести любой цвет смеси, если наблюдать изображение на достаточном расстоянии. Таким образом, смешение основных цветов для образования того или иного результирующего цвета может происходить несколькими способами, которые и используются в различных системах цветного телевидения.

СИСТЕМЫ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Остановимся теперь на принципе устройства систем цветного телевидения. В результате исследовательских работ, проводившихся в последние 15—20 лет как в Советском Союзе, так и за рубежом, были созданы две основные, принципиально различные системы; одна из них, так называемая одновременная, основана на принципе одновременного смешения цветов трех изображений, передаваемых от передатчика к приемнику. В отличие от нее вторая — последовательная — система использует принцип последовательной передачи и воспроизведения трех изображений в основных цветах.

В том и другом случаях на передающей стороне изображение объекта разделяется на три изображения в основных цветах (синем, зеленом и красном). В приемнике наблюдаемое зрителем цветное изображение снова складывается из трех отдельных изображений, воспроизводимых в основных цветах. В одновременных системах это сложение происходит одновременно, а в последовательных — по очереди. Однако указанное выше отличие любой системы цветного телевидения от черно-белого, заключающееся в необходимости передачи вместо одного трех сигналов от каждой точки объекта, проявляется в одновременных и последовательных системах различно. Действительно, в любой из них необходимо прежде всего разделить исходное цветное изображение на три — в основных цветах.

На рис. 1 представлена в упрощенном виде одновременная система цветного телевидения. Изображение передаваемого объекта при помощи объектива O проецируется на фотокатоды трех передающих телевизионных трубок в трех цветах — синем, зеленом и красном.

Для разделения цветов передаваемого объекта служат зеркала $З_1$ и $З_2$, отражающие лучи одной части спектра и пропускающие лучи остальной части спектра. Так, например, пер-

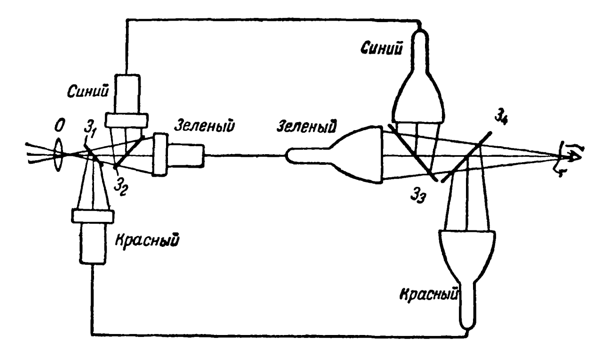


Рис. 1. Упрощенная схема одновременной системы цветного телевидения. Зеркала $З_1$ и $З_2$ служат для разделения светового потока, проходящего от объекта через объектив O на фотокатоды трех передающих трубок. Полученные от передающих трубок сигналы управляют свечением экранов приемных трубок. Три полученных изображения совмещаются в глазу наблюдателя в одноцветное при помощи зеркал $З_3$ и $З_4$.

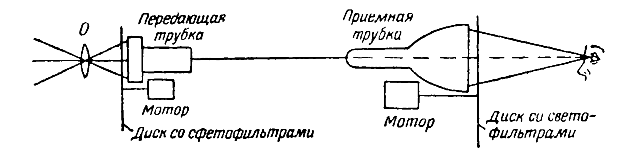


Рис. 2. Упрощенная схема последовательной системы цветного телевидения. Изображение от передаваемого объекта проектируется объективом O на фотокатод передающей трубки по очереди через синий, зеленый и красный светофильтры, приводимые во вращение мотором. На приемной стороне наблюдатель видит изображение на экране приемной трубки через такие же светофильтры. Оба диска должны вращаться с одинаковой скоростью и фильтры одного и того же цвета должны проходить перед обеими трубками одновременно.

вое зеркало отражает красные и пропускает синие и зеленые лучи, второе отражает синие и пропускает зеленые лучи. В результате действия зеркал на фотокатоды первой, второй и третьей трубок будут воздействовать соответственно красные, синие и зеленые составляющие цвета передаваемой детали объекта. Так, например, если передается изображение (рис. V вкладки), состоящее из красной розы с зелеными листиками на синем фоне, то фон в основном передаст синяя трубка, листья — зеленая трубка и цветок — красная трубка.

Полученные от трех трубок сигналы—каждый по своему каналу связи — передаются к приемному устройству, состоящему в простейшем случае также из трех приемных трубок. При этом экраны трубок могут либо обладать белым свечением, а зеркала $З_3$ и $З_4$ обеспечивать разделение цветов аналогично соответствующим зеркалам передающей стороны, либо каждый будет светиться одним из основных цветов.

Наблюдатель видит три цветоделенных изображения (рис. VI вкладки), совмещенных в одноцветное, соответствующее передаваемому объекту.

На рис. 2 приведена в таком же упрощенном виде схема последовательной системы цветного телевидения. В отличие от одновременной системы в ней используются только одна передающая трубка и одна приемная, перед которыми вращаются диски с цветными светофильтрами. Таким образом, цветоделение на передающей стороне и восстановление цветного изображения происходят в этой системе последовательно по времени.

ПОЛОСА ЧАСТОТ СИГНАЛА В СИСТЕМАХ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Весьма важным показателем всякой телевизионной системы является полоса частот сигнала, которую необходимо передать по каналу связи. Этот вопрос становится особенно существенным при рассмотрении систем цветного телевидения, в которых полоса частот должна быть шире полосы частот системы черно-белого телевидения. Ширина полосы частот зависит от числа сигналов, передаваемых в единицу времени, или, иными словами, от скорости передачи. Поэтому важно выяснить, чем определяется скорость передачи.

Для того чтобы воспроизвести движение передаваемого объекта, в телевидении, так же как и в кинематографии, отдельные изображения, или, как их называют, кадры, должны следовать одни за другими с такой скоростью, чтобы глаз благодаря инерционности зрительного восприятия получал впечатление слитного движения. В кинематографии число кадров равно 24 в секунду. В телевидении в Советском Союзе и в Европейских странах оно принято равным 25, а в США — 30.

Однако если число кадров, равное 25 в секунду, вполне достаточно для слитного воспроизведения движений, то оно оказывается недостаточным с точки зрения мельканий. С увеличением яркости изображения мелькания, происходящие от смены кадров, становятся все более заметными, и для их устранения необходимо увеличивать частоту смены полей до так называемой «критической».

При нормальных яркостях телевизионного изображения эта критическая частота равна примерно 50 в секунду. Однако устранять мелькания путем увеличения числа передаваемых кадров крайне невыгодно. В кинематографии это привело бы к удвоенному расходу пленки, а в телевидении — к повышению в 2 раза скорости передачи изображения и тем самым к расширению полосы частот. Поэтому для устранения мельканий при неизменном числе кадров в секунду применяется искусственный прием, основанный на том, что мелькания всего поля изображения более заметны, чем мелькание его отдельных небольших участков.

Как известно, передача изображения в телевидении происходит путем последовательной посылки электрических сигналов от отдельных элементов изображения объекта, спроецированного при помощи объектива телевизионной камеры на фотокатод передающей электронно-лучевой трубки.

Закон перемещения электронного луча по поверхности мишени, на которой под воздействием света на фотокатоде образуются электрические заряды, соответствует чтению книги — по строкам слева направо и от строки к строке сверху вниз. Каждый переданный

кадр изображения можно сравнить с прочитанной страницей, после окончания которой и начинается передача следующего кадра — чтение новой страницы книги.

Искусственный прием, применяемый в телевидении для повышения частоты смены полей и тем самым устранения мельканий, при неизменном числе передаваемых кадров, заключается в использовании так называемой чересстрочной развертки. При этом электронный луч прочерчивает поверхность мишени передающей трубки и экран приемной через строку, т. е. сначала все нечетные строки — первую, третью, пятую и т. д., а затем, вернувшись к началу, — пропущенные четные строки. Тогда все изображение окажется переданным в два приема, за два поля разложения. Но поскольку полное число строк осталось прежним, время передачи полного кадра, а вместе с тем и скорость передачи останутся неизменными. В результате этого число полных кадров остается по-прежнему равным 25, а число полей становится равным 50, и зритель перестает замечать мелькания.

В одновременной системе наиболее наглядно проявляется свойство всякой системы цветного телевидения — необходимость передачи трех сигналов цветоделенных изображений вместо одного яркостного сигнала в системе черно-белого телевидения. В связи с этим полная полоса частот оказывается в 3 раза шире полосы частот обычной системы, поскольку одновременная система представляет собой как бы три системы черно-белого телевидения, из которых каждая передает сигналы от одного из цветоделенных изображений.

Несмотря на то, что в последовательной системе используются лишь одна передающая и одна приемная трубки и один канал связи, полоса частот сигнала оказывается в ней также в 3 раза шире полосы частот соответствующей системы черно-белого телевидения. Как уже упоминалось выше, для уничтожения неприятных мельканий необходимо, чтобы частота смены полей была не меньше критической. Рассмотрим в связи с этим приведенный выше пример передачи изображения, содержащего синий фон, зеленые листья и красный цветок. Если бы мы оставили число полей в последовательной системе таким же, как и в системе черно-белого телевидения, т. е. равным 50 в секунду, то каждое цветоделенное изображение передавалось бы и воспроизводилось $50:3=16^2/_3$ раза в секунду. Это привело бы к тому, что число мельканий, например зеленых листьев, было бы равно $16^2/_3$, поскольку приближенно можно считать, что листья передаются только тогда, когда перед передающей и приемной трубками находятся зеленые фильтры. Но частота, равная $16^2/_3$, значительно ниже критической и мелькания будут сильно заметны.

Во избежание этого необходимо, чтобы частота смены полей в каждом цвете была не ниже критической, но поскольку основных цветов три, полное число полей, передаваемых в 1 *сек*, должно быть сделано в 3 раза большим числа полей развертки черно-белого телевизионного изображения. При этом общая скорость передачи возрастает в 3 раза, в результате чего и полоса частот, пропускаемая каналом связи, должна быть также расширена в 3 раза.

Таким образом, как в одновременной, так и в последовательной системах цветного телевидения полоса частот оказывается в 3 раза шире, чем в системе черно-белого телевидения, дающей такую же четкость изображения. Поэтому с самого начала разработок в области цветного телевидения серьезное внимание было уделено возможности сужения полосы частот.

ВЕЩАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ И ЕЕ «СОВМЕСТИМОСТЬ»

Весьма важен вопрос «совместимости» системы цветного телевидения с существующей системой черно-белого телевидения.

Прежде всего необходимо указать, что возможность приема программы цветного телевидения на старые телевизоры ни одной из систем не может быть обеспечена. Это требует столь сложной переделки существующих телевизоров, что оказывается в массовом масштабе практически невыполнимым. Поэтому под прямой совместимостью понимают возможность приема передач цветного телевидения на существующие приемники лишь в черно-белом виде. Под обратной же совместимостью понимают возможность приема черно-белых передач на новые цветные телевизоры (также в черно-белом виде).

С этой точки зрения рассмотренные выше одновременная и последовательная системы цветного телевидения существенно различны. В одновременной системе разложение каждого отдельного цветоделенного изображения может происходить с той же скоростью, что и в обычном черно-белом телевидении, поскольку передача сигналов от них происходит одновременно.

Таким образом. и число полей и частота разложения по строкам в одновременной цветной и черно-белой системах могут быть сделаны одинаковыми. Поэтому сигналы от одно-

го из трех цветоделенных изображений, например зеленого, могут быть приняты обычным черно-белым телевизором.

Однако, если для приема черно-белого варианта цветной программы использовать сигнал от зеленого (или любого другого) цветоделенного изображения, то воспроизведение относительной яркости отдельных мест объекта будет неправильным. Так, например, если использовать сигнал только от зеленого цветоделенного изображения розы (рис. VI вкладки), то и сама роза и фон рисунка не будут переданы, т. е. воспроизведутся черными, поскольку зеленый фильтр не пропустит ни красных, ни синих лучей. Поэтому в некоторых современных одновременных системах цветного телевидения для возможности приема цветной передачи в черно-белом виде на существующие телевизоры сигналы от трех цветоделенных изображений электрически преобразуются.

Как известно, равные по энергии излучения синие, зеленые и красные лучи кажутся глазу неодинаково яркими. Наиболее яркими кажутся желто-зеленые лучи, менее яркими — красные и еще менее яркими — синие. Поэтому, для того чтобы при черно-белом воспроизведении цветного изображения на экране обычного телевизора яркости отдельных мест соответствовали яркостям тех же мест оригинала, в передающем устройстве сигналы от трех передающих трубок смешиваются в определенной пропорции, образуя правильный яркостный сигнал. Этот сигнал ничем не отличается от обычного сигнала системы черно-белого телевидения и обеспечивает прием цветной передачи на существующие телевизоры. Между тем, для того чтобы принять цветную передачу в цветах на новые цветные телевизоры, необходимо, кроме яркостного сигнала, передавать еще два сигнала, соответствующие цветовому тону и насыщенности цвета данного места изображения. Эти два цветовых сигнала также электрическим путем получаются на передающей стороне из исходных сигналов цветоделенных изображений и передаются вместе с яркостным сигналом по радиоканалу. Однако необходимо устранить помехи, могущие возникнуть в черно-белых телевизорах от сигналов цветности.

Приемник одновременной системы цветного телевидения может обеспечить и обратную совместимость, т. е. прием черно-белых передач, поскольку число строк и число смен полей соответствуют стандартной системе черно-белого телевидения, При этом, очевидно, устройства в цветных телевизорах, служащие для выделения цветовых сигналов, будут бездействовать, поскольку эти сигналы отсутствуют в сигнале черно-белой передачи. В этом свойстве одновременных систем — простой совместимости с черно-белым телевидением — и заключается их основное преимущество.

Совместимость последовательной системы цветного телевидения с системой черно-белого телевидения не может решаться таким же способом, как в одновременной системе, прежде всего потому, что в ней сигналы цветоделенных изображений не существуют одновременно, а следуют один за другим последовательно во времени. В последовательной системе, как было указано выше, скорость передачи должна быть увеличена в 3 раза по сравнению со скоростью передачи в черно-белой системе, вследствие чего частота полей и частота смены строк оказываются в 3 раза выше. Поэтому для приема передач последовательной системы цветного телевидения на существующие черно-белые телевизоры в последних необходимо было бы изменять частоту отклонения луча в приемной трубке, что практически невыполнимо, если учесть число приемников, требующих такой переделки.

СУЖЕНИЕ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ

Выше было показано, что три сигнала от цветоделенных изображений необходимо преобразовать, чтобы отделить яркостный сигнал от сигналов, характеризующих цветность. Для этого к «зеленому» сигналу необходимо прибавить части «красного» и «синего» в такой пропорции, в какой находятся их яркости. Но передача яркости отдельных мест изображения достаточна только для приема цветных передач в черно-белом виде на существующие телевизоры. Для воспроизведения же цветного изображения на цветные телевизоры необходимо еще передать два сигнала, соответствующие его цветовому тону и насыщенности.

Для того чтобы пояснить возможность сужения полосы частот, отображающих цветность, необходимо указать снова на свойство зрения, заключающееся в том, что глаз очень плохо различает цвета мелких деталей (особенно при их одинаковой яркости). В связи с этим и возникла мысль, что цветное изображение может быть вполне удовлетворительным, если его мелкие детали воспроизводить не цветными, а черно-белыми. Для сравнения можно указать на черно-белую фотографию, раскрашенную от руки. Если эта «подкраска» сделана лишь в относительно крупных частях фотографии, то наблюдатель только при внимательном рассматривании на близком расстоянии может обнаружить, что мелкие детали

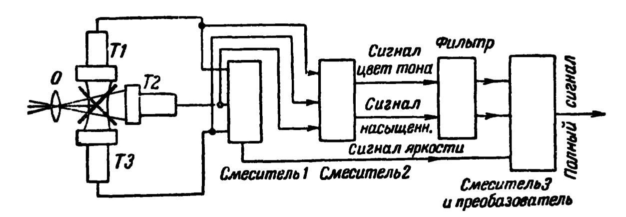


Рис. 3. Упрощенная схема преобразования сигналов в одновременной системе. В смесителе *1* полученные от трех трубок сигналы цветоделенных изображений смешиваются в таких пропорциях, чтобы получить сигнал яркости. В смесителе *2* те же исходные сигналы преобразуются в сигналы цветового тона и насыщенности. Фильтр ограничивает полосу частот этих сигналов цветности, что вызывает размытость границ и отсутствие цвета у мелких деталей изображения. Полоса частот яркостного сигнала не ограничивается, и изображение, воспроизводимое в черно-белых приемниках, подобно изображению на вклейке VII. В смесителе *3* все три сигнала смешиваются.

остались неокрашенными, а общее впечатление от фотографии будет мало отличаться от впечатления, производимого полностью цветной фотографией (см. рис. VII вкладки).

Передаче мелких деталей соответствуют наиболее высокие частоты телевизионного сигнала, определяющие общую полосу частот. Поэтому можно применить электрический фильтр, не пропускающий высоких частот сигнала, в результате чего ухудшается воспроизведение мелких деталей изображения. Однако фильтр воздействует лишь на сигналы, определяющие цветность деталей изображения, т. е. на сигналы цветового тона и насыщенности, в то время как сигналы, соответствующие яркости тех же деталей, передаются полной полосой частот. Это поясняет упрощенная блок-схема (рис. 3).

Благодаря этому воспроизводимое изображение и будет как бы «раскрашенным» четким черно-белым. Но если полосу частот цветовых сигналов сократить фильтром в 5—6 раз, что еще допустимо, то общая полоса частот системы, состоящая из полного яркостного и двух суженных цветовых сигналов, сократится и станет равной $1+2\cdot0{,}2=1{,}4$ полосы частот черно-белой системы.

Дальнейшим шагом на пути к сокращению полосы частот явилось совмещение яркостного сигнала и двух цветовых сигналов в одной и той же полосе частот, равной по ширине полосе частот черно-белой системы. Здесь удалось добиться того, что введенные в яркостный сигнал цветовые сигналы относительно мало заметны при приеме яркостного сигнала цветной передачи на приемники черно-белого телевидения. В приемнике цветного телевидения полный сигнал должен быть разделен на яркостный и цветовой. В свою очередь цветовой сигнал должен быть разделен на два: один — соответствующий чистоте цвета и другой — цветовому тону. Однако приемные трубки должны управляться сигналами цветоделенных изображений, а не отдельно яркостными и двумя цветовыми; последние должны быть еще преобразованы в три сигнала, из которых каждый управляет лучом одной из приемных трубок, а следовательно, свечением их экранов в одном из основных цветов.

ПРИЕМНЫЕ ТРУБКИ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ ЦВЕТОМ СВЕЧЕНИЯ

Применение трех отдельных приемных трубок в одновременных системах делают приемник чрезвычайно громоздким.

Для того чтобы увеличить размер изображения в приемниках цветного телевидения и в то же время сделать их менее громоздкими, можно использовать принцип проекции.

В приемнике применяются небольшие трубки и три объектива, проецирующие цветоделенные изображения на экран. Такой способ увеличения размера цветного изображения обладает тем недостатком, что из-за световых потерь в фильтрах яркость проекционных трубок необходимо увеличивать и срок службы трубок при форсированном режиме работы резко сокращается. Кроме того, контрастность изображения при проекции обычно ниже контрастности изображения, наблюдаемого непосредственно на экране приемной трубки.

Поэтому был предложен ряд способов осуществления таких приемных трубок, цвет свечения экрана которых мог бы управляться электрическим путем.

В настоящее время создана приемная трубка, получившая название трубки с мозаичным экраном и маской.

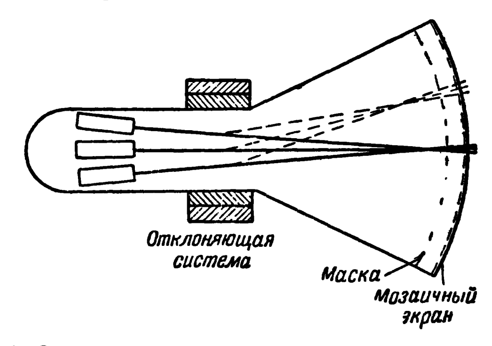


Рис. 4. Схематическое изображение трехлучевой приемной трубки с электрическим управлением цвета свечения. Экран трубки мозаичный и состоит из групп по три зерна различного свечения. Перед экраном расположена сетка-маска, отверстия которой приходятся против центров групп из трех зерен люминофоров.

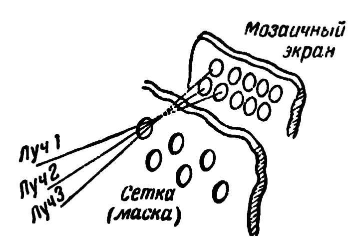


Рис. 5. Деталь части экрана и сетки. Лучи от трех электронных прожекторов пересекаются в отверстии сетки и, снова расходясь, возбуждают свечение соответствующих зерен люминофора. Луч *1* возбуждает „красные“ зерна, луч *2*—„зеленые“ и луч *3*—„синие“. При развертке все три луча отклоняются вместе и каждый луч управляет свечением люминофора только данного цвета.

На рис. 4 показано схематически устройство такой трубки. В отличие от обычной приемной трубки в ней помещены три электронных прожектора, создающих три электронных луча. Кроме того, перед экраном параллельно ему внутри трубки помещена мелкая сетка. Сам экран представляет собой правильную мозаику, состоящую из отдельных зерен люминофоров трех видов, один из которых может светиться синим, второй — зеленым, а третий — красным цветом. Электронные прожекторы смонтированы в трубке таким образом, что все три луча пересекаются в одном и том же отверстии сетки (маски), а, пройдя его, снова расходятся и попадают каждый на соответствующее зерно люминофора (рис. 5).

Если такую трубку включить в приемник одновременной системы, то достаточно к каждому из электронных прожекторов подвести соответственно сигналы цветоделенных изображений, которые раньше подводились к управляющим электродам трех отдельных приемных трубок, чтобы на экране воспроизвести полное цветное изображение. Если число отверстий маски и соответственно число групп зерен люминофоров достаточно велико — порядка нескольких сотен тысяч, — то глаз наблюдателя уже не будет различать каждое зерно в отдельности и увидит результирующий цвет смеси трех отдельных зерен благодаря их пространственному смешению.

ПЕРСПЕКТИВЫ ЦВЕТНОГО ВЕЩАНИЯ

Если основные проблемы цветного телевидения можно в настоящее время считать решенными, то вопрос практической замены черно-белого вещания цветным еще встречает некоторые трудности, связанные в первую очередь с большой сложностью приемных трубок.

Поэтому как в Советском Союзе, так и за рубежом все усилия направлены на то, чтобы выпускать цветные телевизоры лишь не намного более дорогие, чем черно-белые, и обеспечить высокое качество изображения, простоту в управлении и надежность в эксплуатации.

Только такое решение всей проблемы сделает цветное телевидение достаточно массовым, и к нему постепенно перейдут как к основной системе телевизионного вещания.

В заключение необходимо указать на то, что цветное телевидение может с успехом применяться не только в вещании, но, например, и для наблюдения и контроля таких производственных процессов, в которых цвет является существенной характеристикой наблюдаемого объекта. Поскольку в подобных случаях вопросы совместимости вообще не возникают, представляется возможным уже в настоящее время начать широкое использование цветного телевидения в народном хозяйстве.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

С. А. Ельяшкевич, Проверка ламп в телевизорах, изд. 2-е, переработанное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1959.

В брошюре рассказывается о способах отыскания и замене неисправных электронных ламп при нарушении работы телевизоров.

Сведения даются в виде чертежей и таблиц для проверки ламп в 34 типах телевизионных приемников.

Ю. В. Костыков и В. Д. Крыжановский, Основы телевидения, Воениздат, 1959.

В книге излагаются основы черно-белого, цветного и объемного телевидения, освещается современное состояние телевизионной техники и рассматриваются вопросы применения телевидения в военном деле. По характеру изложения книга доступна широкому кругу читателей, располагающих достаточной общей подготовкой и знакомых с физическими основами радиотехники.

А. В. Таранцов, Электрическая передача изображений, Воениздат, 1959.

Популярно объясняются основные физические явления, используемые для электрической передачи изображений на расстояние, и принципы действия телевизионных телефотографных систем.

Книга рассчитана на читателя, не имеющего специальных знаний в этой области.

П. Д. Токарев, Эксплуатация и ремонт телевизоров, Лениздат, 1959.

Излагаются основные принципы передачи телевизионного изображения, рассказывается об устройстве телевизоров, выборе и установке телевизоров и антенн. Особое внимание уделено вопросам, связанным с практикой пользования телевизором и способам устранения всякого рода неисправностей.

Книга рассчитана на массового телезрителя, не имеющего специальной технической подготовки.

К. А. Гладков, Телевидение и его применение (Научно-популярная библиотека), Воениздат, 1960.

В книге рассказывается, что такое телевидение, как оно зародилось и развивалось, как оно служит человеку и как оно будет служить ему в будущем.

Дальний прием телевидения, Библиотека журнала «Радио», вып. 6, Изд. ДОСААФ, 1960.

Чем объясняется возможность дальнего приема телевидения? Можно ли регулярно принимать передачи телецентров, удаленных от места приема на тысячи километров? Как принимать и на какой телевизор?

Брошюра отвечает на эти и многие другие вопросы.

С. Е. Загик и А. М. Капчинский, Приемные телевизионные антенны, изд. 3-е, переработанное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

Рассматриваются различные типы наружных и комнатных антенн метрового и дециметрового диапазонов волн, предназначенных для приема телевизионных программ. Даны практические рекомендации по выбору антенн для различных условий приема, а также по их изготовлению и установке. Описываемые антенны могут быть использованы также для работы в радиолюбительских УКВ диапазонах.

Н. З. Ломозова и С. А. Левин, В помощь телезрителю (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

В брошюре приводятся основные схемы и конструктивные особенности отечественных телевизоров и правила пользования ими.

Дается перечень простейших неисправностей, которые могут быть легко устранены. Описываются приемные телевизионные антенны и даются рекомендации по их применению и установке.

А. М. Почепа, М. Е. Рожковский и А. Е. Бондаренко, Эксплуатация и ремонт телевизоров, Одесское книжное издательство, 1960.

Задача первых глав книги — помочь телезрителям уяснить себе наиболее важные стороны эксплуатации телевизоров.

В остальной части книги излагаются вопросы, связанные с ремонтом телевизоров. Здесь более подготовленный читатель найдет материалы о часто встречающихся неисправностях в телевизорах, их причинах и способах устранения.

Г. П. Самойлов, Ремонт развертывающих устройств телевизоров (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

Описаны основные принципы работы схем развертки и синхронизации телевизоров, приведены примеры неисправностей этих схем, указаны их причины и способы устранения. Предназначена для радиолюбителей и радиомехаников, занимающихся ремонтом телевизоров.

С. К. Сотников, Сверхдальний прием телевидения, изд. 2-е, переработанное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

Описан любительский телевизор для сверхдальнего приема, рассмотрены возможности применения для этих целей заводских телевизоров, приведены конструкции необходимых для этого антенн, изложены результаты наблюдений и даны советы по сверхдальнему приему телевидения.

М. А. Степанян, Покупателю о телевизорах, Госэнергоиздат, 1960.

Брошюра дает основные сведения о телевидении, краткие сведения о 12 типах телевизоров и правилах их регистрации. Даются советы по эксплуатации и настройке телевизоров, приводятся наиболее характерные искажения и порядок их устранения.

Рассказывается об устранении простейших неисправностей в телевизоре.

И. Т. Акулиничев, Любительский телевизор (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1962.

В брошюре описан любительский телевизор с экранным стабилизатором напряжения. В телевизоре используется кинескоп с прямоугольным экраном. В описании указываются порядок испытания, регулировки и настройки телевизора, а также возможности упрощения схемы и замены деталей.

С. А. Ельяшкевич, Устранение неисправностей в телевизоре, изд. 3-е, переработанное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

В книге рассматриваются схемные особенности отдельных узлов и блоков современного телевизионного приемника и способы отыскания возникающих в них неисправностей.

Третье издание дополнено сведениями о 12-канальном переключателе телевизионных программ, схемах автоматической подстройкой частоты и фазы строчной развертки, корректоре четкости.

Рассчитана на техников и руководителей радио- и телевизионных кружков.

Е. В. Метузалем и Е. А. Рыманов, Телевизор «Рекорд» (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Подробное описание наиболее массового телевизора. Рассматриваются наиболее часто встречающиеся неисправности, способы их обнаружения и устранения.

В. В. Орехов, Р. В. Фельдман, Ремонт телевизоров, Госместпромиздат, 1961.

В книге приведены краткие сведения об измерительных приборах, используемых при ремонте и указан порядок работы с этими приборами. Описываются методы проверки телевизоров и отдельных узлов, рассматриваются общие принципы обнаружения неисправностей. Даются описания основных, наиболее распространенных типов телевизоров и приводится необходимый справочный материал (принципиальные схемы, карты напряжений), частично использованный из книги С. А. Ельяшкевича «Справочник по телевизионным приемникам».

В небольшой заключительной главе рассматриваются вопросы ремонта отдельных узлов и деталей телевизоров. Книга предназначена главным образом для радиомехаников, но может быть полезна и для радиолюбителей.

Г. П. Самойлов, Уход за телевизором (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

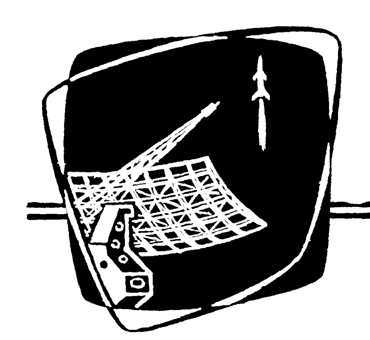
Рассказывается, как правильно отрегулировать телевизор. Излагаются основные сведения, необходимые владельцу телевизора для того, чтобы самостоятельно устранять мелкие неисправности в телевизоре и заменять неисправные лампы.

Л. В. Федоров, Телевизионная аппаратура на Выставке достижений народного хозяйства (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Брошюра знакомит читателя с телевизионной аппаратурой, экспонируемой в павильоне «Радиоэлектроника и связь» Выставки достижений народного хозяйства СССР. Приведены основные технические данные многих телевизоров, экспонируемых в павильоне, установок промышленного телевидения и аппаратуры по цветному телевидению.

Л. Д. Фельдман, Как работает телевизор (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Рассматриваются все особенности работы современного телевизора, описываются полный телевизионный сигнал и назначение всех его элементов. Анализируется блок-схема телевизора и в заключение как иллюстрация к общим положениям дается полное описание телевизора «Темп-3».



Глава четырнадцатая

ДОСТИЖЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

В МИРЕ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ[1]

Это легкое серебристое здание, покрытое листами алюминия, видно издалека. По обе стороны входа — эмблемы современной радиоэлектроники: антенна передающего телевизионного центра и антенна современного радиолокатора. Экспонаты этого павильона рассказывают о достижениях радиоэлектроники и средствах связи в нашей стране. С него мы начнем нашу экскурсию в мир радиоэлектроники на Выставке достижений народного хозяйства.

Интерес к павильону вполне понятен. Рожденное вначале как средство беспроволочной связи, радио развилось теперь в новую неисчерпаемую область науки — радиоэлектронику. При помощи электроники управляют автоматическими цехами, заводами и электростанциями, «видят» в тумане и в непроглядной тьме, решают в кратчайший срок множество труднейших математических уравнений, изучают далекие звезды и Галактики. Без радиоприборов ныне немыслимы авиация, мореплавание. Радиоэлектроника служит метеорологии, используется в металлургии и во многих других отраслях народного хозяйства, радиоэлектронные машины переводят с одного языка на другой, играют в шахматы.

В наше время выдающиеся победы науки и техники связаны с успехами радиоэлектроники. 12 апреля 1961 г., когда корабль-спутник «Восток» совершил свой полет по орбите вокруг Земли, радио вновь сказало свое слово. С космонавтом Ю. А. Гагариным поддерживалась двусторонняя радиосвязь, велись телеметрические наблюдения. Об этом напоминают посетителям снимки у входа в павильон «Радиоэлектроника и связь» ВДНХ.

Семнадцать с лишним раз облетел вокруг Земли за 25 час. полета наш герой — космонавт Г. С. Титов на космическом корабле «Восток-2», благополучно приземлившись 7 августа 1961 г.

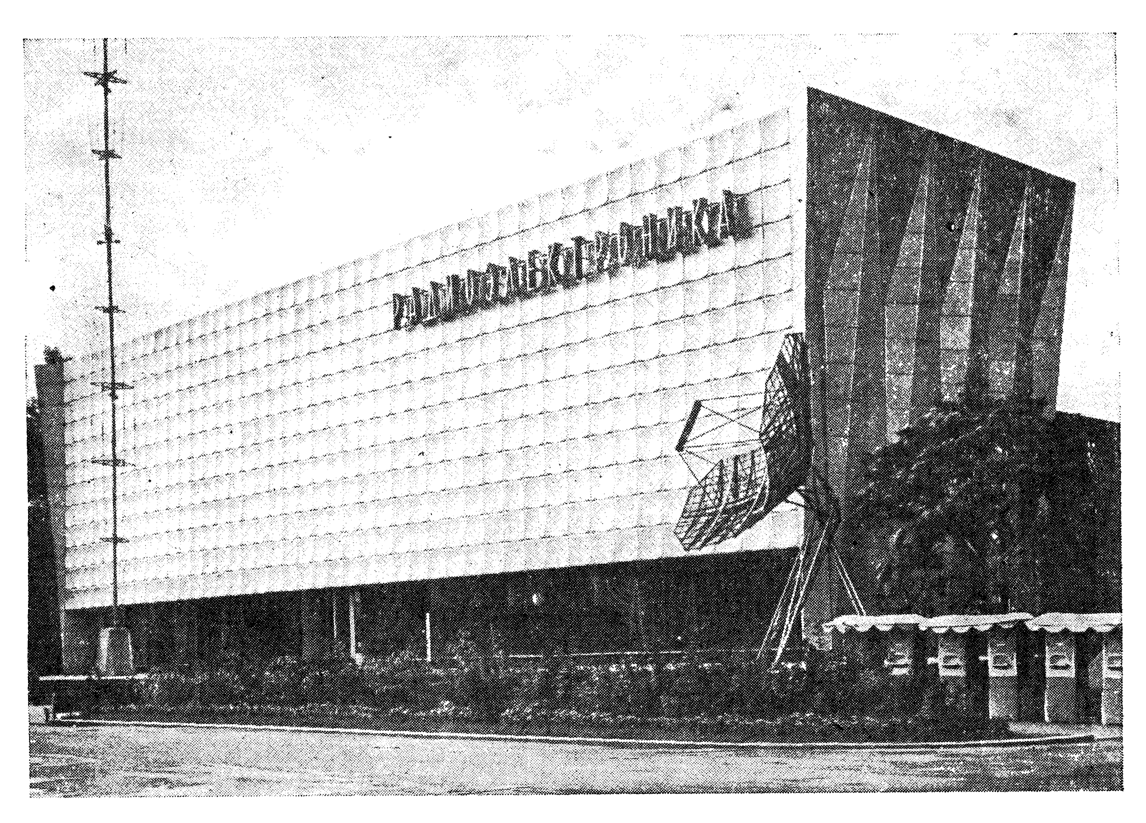
Кабина корабля представляла собой настоящую лабораторию, оборудованную различной техникой, в которой использованы новейшие достижения радиоэлектроники.

Герман Степанович Титов дал высокую оценку сложного комплекса радиоаппаратуры, заявив на Красной площади: «Радиосвязь работала так хорошо, что на всем протяжении полета в каждой точке орбиты я мог держать связь с моей любимой Родиной».

Но все многообразие радиоэлектроники можно увидеть не только в этом павильоне Выставки достижений народного хозяйства. Аппаратуру электронной автоматики посетитель увидит в павильоне «Электрификация». Со станками с програмным управлением он ознакомится в павильоне «Машиностроение». Применение радиоэлектроники ярко показано в павильонах «Наука», «Транспорт» и «Здравоохранение и медицинская промышленность». Ряд замечательных конструкций радиол, УКВ радиостанций, электромузыкальных инструментов, видеотелефон и радиоуправляемую модель трактора демонстрируют радиолюбители в павильоне «Трудовые резервы».

* *
*

[1] По разным источникам.



Павильон „Радиоэлектроника и связь“ на Выставке достижений народного хозяйства.

За 50 с лишним лет электроника прошла огромный путь от простейших образцов ламп, служивших для усиления слабых сигналов до разнообразных электровакуумных приборов различных типов и названий. Электровакуумные приборы широко используются во всех отраслях народного хозяйства нашей страны. Помимо радиосвязи, телевидения, радиолокации, они нашли широкое применение в исследовательских лабораториях, в аппаратуре управления и автоматизации, в энергосистемах, на транспорте, на предприятиях разных отраслей промышленности, в медицине, геологоразведке, метеорологии и т. п.

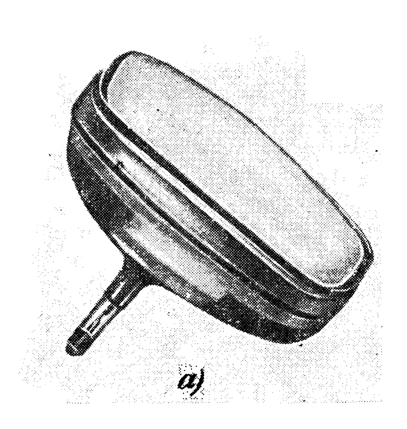
Но мы отвлеклись. Нам уже пора войти вместе с многочисленными посетителями в павильон «Радиоэлектроника и связь».

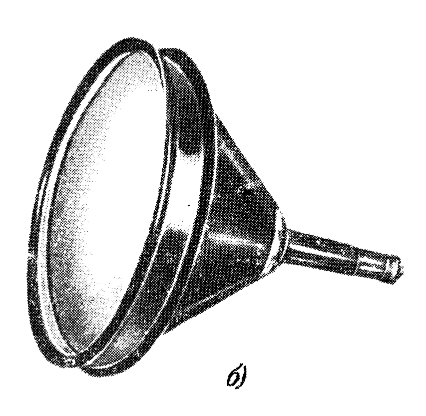
Достигнутый в СССР уровень развития электронных и полупроводниковых приборов широко охарактеризован различными экспонатами. Здесь миниатюрные и сверхминиатюрные электронные лампы, лампы чуть побольше, называемые «пальчиковыми». Рядом для контраста семейство гигантов — генераторные и модуляторные лампы для передающих радиостанций. Тут множество самых разнообразных приборов: фотоэлементы, преобразующие свет в электрический ток и из года в год повышающие к. п. д., полупроводниковые приборы — крохотные, едва видимые среди других экспонатов устройства, заменяющие во многих случаях электронные лампы, но значительно более легкие и потребляющие меньше электроэнергии.

Здесь же электронно-лучевые трубки с углом отклонения электронного луча 110°, у которых четкость изображения по всему экрану обеспечивается с помощью новой электронно-оптической системы. А вот и электронно-лучевая трубка, предназначенная для работы в приемниках цветного телевидения.

Все это — отдельные представители тех 72 млн. электровакуумных приборов, которые выпустила наша промышленность за первое полугодие 1961 г.

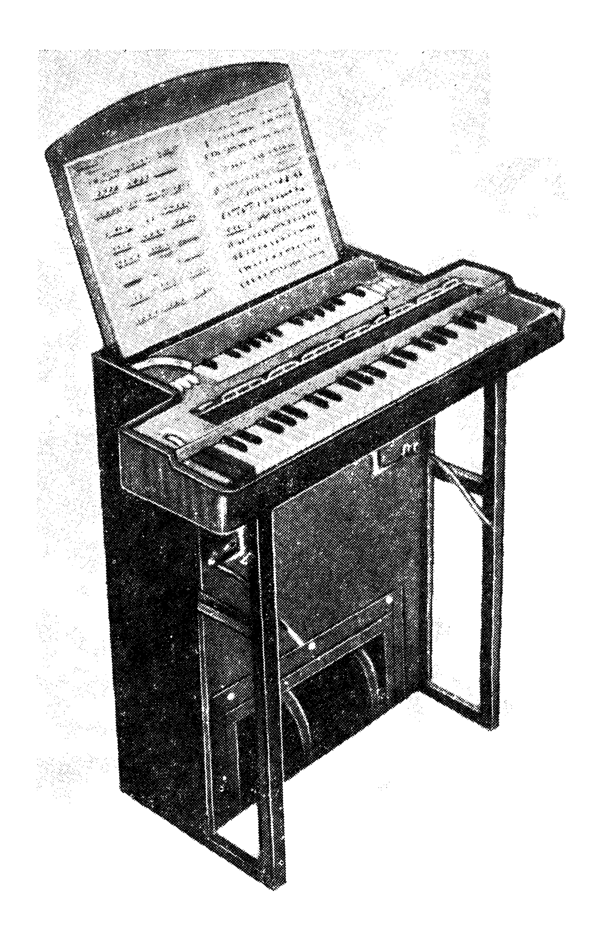
Радиовещательная аппаратура. Современная радиовещательная аппаратура обладает отличными акустическими свойствами. В ней использованы новые конструкции громкоговорителей, усилителей и сложные акустические системы, позволяющие расширить диапазон воспроизводимых звуков и регулировать направленность их звучания.





Электронно-лучевые трубки

а — 53ЛК6Б — приемная телевизионная с размером изображения 382×484 *мм*, углом отклонения электронного луча 110° и электростатической фокусировкой; *б* — 53ЛК4Ц — для работы в приемниках цветного телевидения.



Электромузыкальный инструмент «Экводин».

Акустические системы объемного звучания, обеспечивающие воспроизведение широкого диапазона звуковых частот, имеют четыре — шесть громкоговорителей. Такие системы нашли широкое применение в высококачественных радиоприемниках и радиолах.

Еще недавно эта аппаратура была новинкой. Теперь в павильоне представлены самые последние образцы вещательной аппаратуры стереофонического звучания.

Стереофоническое воспроизведение звука создает впечатление не только «объемности», но и «пространственности», позволяя слушателям представлять себе размещение отдельных инструментов в оркестре, певцов в хоре, «ощущать» передвижение артистов на сцене. Стереофоническое воспроизведение звука позволяет приблизить звучание радиопередач и грамзаписи к естественному.

В специальном зале посетителям павильона «Радиоэлектроника и связь» демонстрируют записи, позволяющие наглядно показать преимущества стереофонического воспроизведения звука.

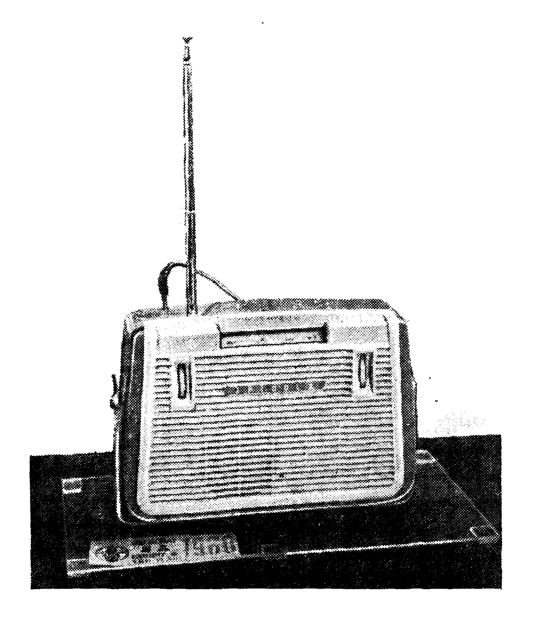
... В левой стороне слышится шум приближающегося поезда метрополитена. Шум постепенно нарастает, и слушателям кажется, что они находятся на платформе станции метро, к которой подходит поезд.

Открываются пневматические двери вагонов, слышны голоса пассажиров. Посадка окончена. Двери закрываются, поезд трогается и уходит ... в правую сторону зала.

В этом же зале можно прослушать электромузыкальный инструмент «Экводин», имеющий широкий диапазон (шесть с половиной октав), большое разнообразие тембров и возможность получения большого количества новых звучаний.

«Экводин» может имитировать звучание любого инструмента симфонического оркестра и многих духовых инструментов.

За недостатком времени мы вынуждены пройти мимо радиоприемников, электропроиг-





а)



б)

Радиоприемники, в которых вместо электронных ламп используются транзисторы.
а — переносные „Спидола" и „Атмосфера"; *б* — карманный „Нева"

рывателей, магнитофонов и гибрида магнитофона с радиоприемником — магнитолы.

Мы подойдем только к шкафу, где за стеклом стоят первенцы приемников на полупроводниковых приборах: портативные — «Спидола», «Атмосфера» и «Гауя» и карманные — «Нева» и «Ласточка».

Телевидение. В центральном зале представлена портативная телевизионная установка для внестудийных передач. Камера пистолетной конструкции, направленная на посетителей, находится в руках репортера (манекена). За его плечами ранец, в котором расположены передатчики звука и изображения и источники питания. Сигналы этих передатчиков принимаются в расположенной неподалеку передвижной телевизионной станции, откуда они передаются обратно в зал и принимаются на нескольких телевизорах. В них посетители могут видеть самих себя.

В другом ряду демонстрируется автоматическая телевизионная ретрансляционная станция, предназначенная для обслуживания телевизионным вещанием населенных пунктов, удаленных от телевизионных центров. Такая небольшая станция, имеющая мощность по каналу изображения всего 20 *вт*, обеспечивает уверенный прием в радиусе 10—12 *км*.

В центре зала — установка цветного телевидения для хирургических операций. Такая аппаратура уже используется в больнице имени Боткина и в некоторых клиниках СССР, показывая ход сложнейших операций. Студенты и врачи могут наблюдать в естественном цвете уникальные операции, которые ведут крупнейшие хирурги.

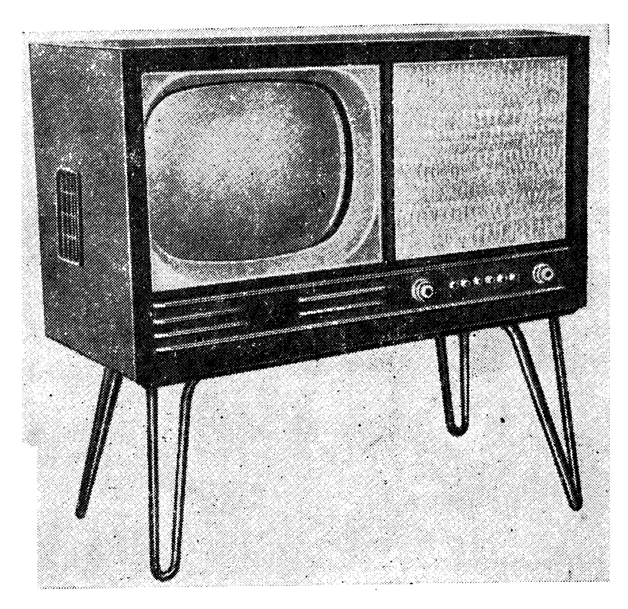
Неподалеку еще две новинки: телевизионная стереоскопическая установка, создающая эффект объемного изображения, и телевизионный микроскоп. Последний позволяет видеть на экранах телевизоров объекты, которые находятся в поле зрения микроскопа.

Все современные советские телевизоры, выставленные в павильоне, обладают высокой

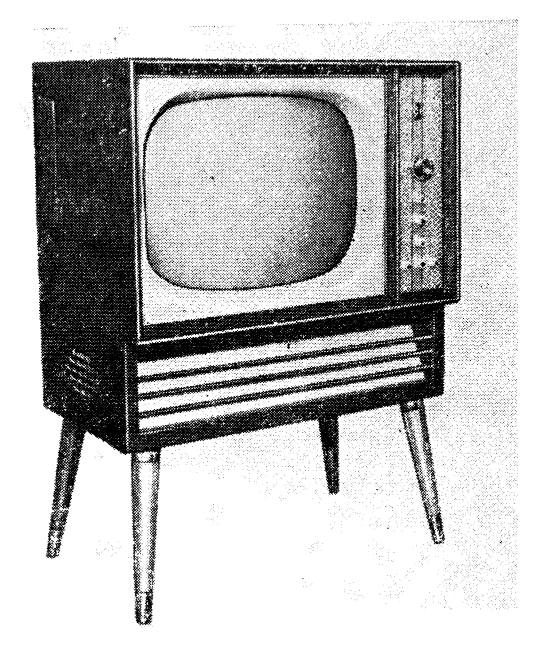


Портативная телевизионная установка для внестудийных передач

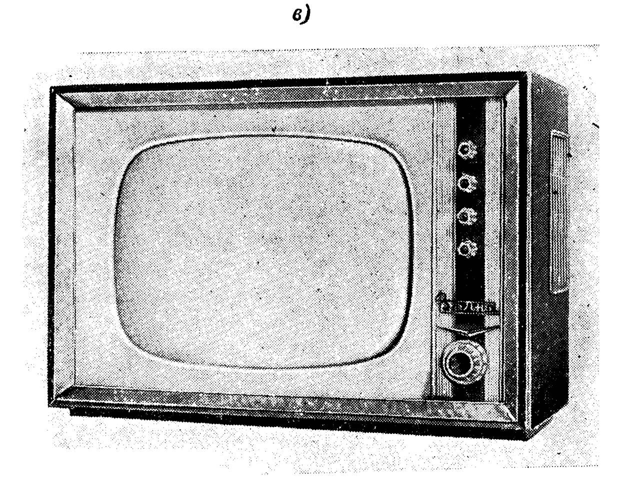
чувствительностью, избирательностью и малым потреблением электроэнергии (150 *вт* и менее). В схемы телевизоров введены последние усовершенствования — автоматические регулировки, обеспечивающие наилучшие условия воспроизведения изображения; в некоторых образцах есть и часы, включающие и выключающие телевизор в заранее назначенное время. Для уменьшения размеров телевизоров во многих образцах применены печатный монтаж и электронно-лучевые трубки с отклонением луча на 110°. Скоро с такими трубками будут выпускаться все новые телевизоры. А пока на стендах павильона демонстрируются первые из них: «Темп-6», «Волна», «Сигнал», «Дружба», «Салют» и др.



в)



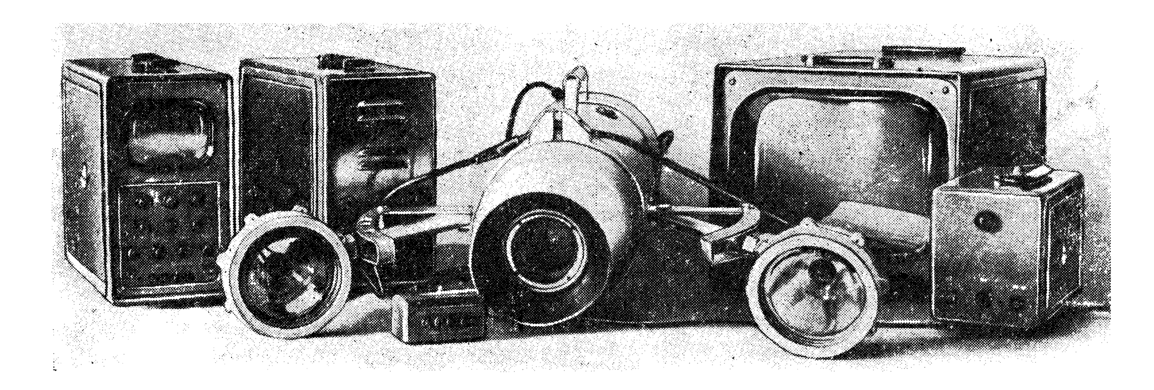
а)



б)

Телевизоры.

а — „Дружба"; *б* — „Волна"; *в* — „Симфония"



Подводная телевизионная установка.

В телевизорах-комбайнах большого размера, например типа «Кристалл», применено объемное звучание, предусмотрена возможность воспроизведения записи звука с грампластинок или магнитофонных лент, имеется выносной пульт для управления телевизором из кресла зрителя.

Телевизор «Симфония» объединен с проигрывателем. Эта «телерадиола» имеет акустическую систему из шести громкоговорителей, пульт дистанционного управления. Размер изображения 460×345 *см* обеспечивает электронно-лучевая трубка с диагональю 53 *см* и углом отклонения луча 110°. Телерадиола Беларусь-110» представляет собой 20-ламповый аппарат, состоящий из телевизионного приемника, радиовещательного всеволнового приемника с УКВ диапазоном и трехскоростного универсального проигрывателя. В телевизоре также применен новый кинескоп с углом отклонения 110°.

По сравнению с телерадиолой «Беларусь-5», на смену которого вступит в текущем году «Беларусь-110», последняя имеет ряд преимуществ. Новая модель выполнена в изящном, горизонтальном варианте и весит на 8 *кг* меньше чем «Беларусь-5».

Ряд телевизоров демонстрировался и на Всемирной выставке в Брюсселе, получив там высшие награды как за технические показатели, так и за отличное внешнее оформление. На советских выставках в Лондоне и Париже наши телевизоры также привлекли к себе большое внимание посетителей, отметивших их высокое техническое качество, тщательное изготовление, прекрасное оформление.

В часы приема цветных телевизионных передач особенно многолюдно около телевизоров цветного изображения: «Радуга», «Темп-22».

Управление этими телевизорами мало чем отличается от управления обычными телевизорами. Так, например, в телевизоре «Темп-22» имеются всего два дополнительных органа регулировки: фазы и цветного тона.

Прикладное телевидение. Так быстро вошедшее в наш быт телевизионное вещание имеет соседа — прикладное телевидение. У диспетчеров наших заводов теперь все чаще и чаще можно встретить телевизоры, с помощью которых они наблюдают за работой станков, автоматических линий и цехов.

На Магнитогорском металлургическом комбинате применение телевизионной техники началось еще в 1955 г. При ее помощи диспетчер контролирует работу доменных, мартеновских, прокатных и других цехов.

На изготовленном для Магнитогорского комбината стане непрерывной холодной прокатки стальных листов в труднодоступных для наблюдения пунктах стоят передающие телевизионные камеры, позволяющие следить за качеством и ходом прокатки.

На Коломенском заводе тяжелого машиностроения телевизионная установка помогает управлять большим карусельным станком. Станочник видит на экране ход обработки детали диаметром до 10 *м*, работу режущего инструмента, наблюдает результаты изменения режимов резания.

На Уралмашзаводе ход вакуумной разливки стали контролируется при помощи телевизионной установки.

В Южном порту Москвы диспетчер пользуется телевизором, чтобы осмотреть территорию порта, видеть состояние причалов и грузовых площадок. Такие же камеры работают в Одесском морском порту.

На некоторых электростанциях Ленинграда телевизионные камеры служат для контроля уровня воды в водомерных стеклах, расположенных на большой высоте у котлов, позволяют видеть показания приборов, расположен-

ных на щитах управления турбогенераторов и паровых котлов.

В СССР разработано несколько типов установок прикладного телевидения. В павильоне можно видеть диспетчерскую телевизионную установку ДТУ-2А, предназначенную для дистанционного наблюдения за различными производственными процессами.

Установка имеет 12 передающих камер и позволяет вести наблюдения за неподвижными и быстро движущимися объектами. К ней можно подключить одновременно до пяти телевизоров. Сигналы изображения передаются по кабельным линиям. Максимальное расстояние от передающей камеры до блока коммутации 1 000 *м* и от блока канала до телевизоров 1 500 *м*. По своему выбору диспетчер может включить любую камеру, находящуюся, например, в труднодоступном или вредном для человека месте, видеть показания приборов, работу аппаратов и наблюдать за всем происходящим в зоне «видимости» камеры. Любая передающая камера может воспроизводить показания нескольких групп приборов или работу нескольких аппаратов, так как она имеет дистанционно управляемое поворотное устройство и оптические головки с различными объективами.

Представлена и подводная телевизионная установка, служащая для наблюдения за ходом работ под водой. Передающая камера этой установки заключена в герметический кожух (батисферу), которую под водой перемещает водолаз или оператор в маске и ластах (в зависимости от глубины погружения). Камера подводной установки имеет высокочувствительную трубку, обеспечивающую днем достаточно яркое изображение без дополнительного подсвета. При слабой освещенности и пасмурной погоде включаются дополнительные светильники.

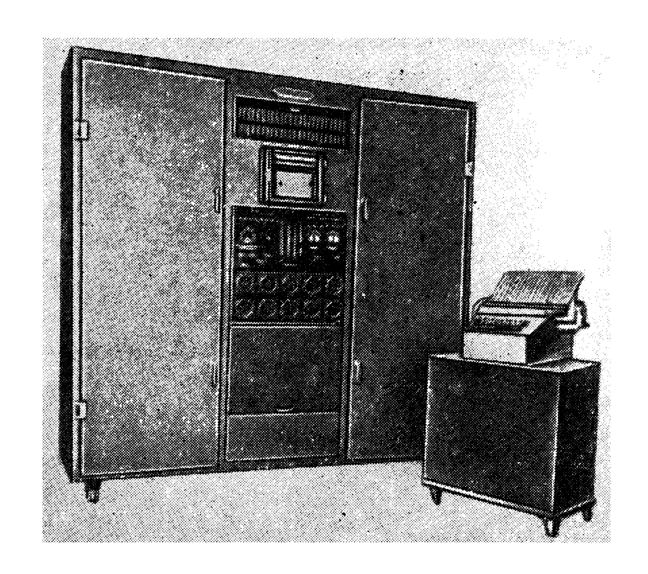
В павильоне «Транспорт СССР» демонстрируется железнодорожная телевизионная установка ЖТУ-3 для обзора путей и парков станций. Кнопочное управление камерой позволяет переключать ее объективы, перемещать их вверх, вниз, вправо или влево. Такая же установка работает на Казанском вокзале, помогая диктору сообщать о подходе пассажирских поездов и начале посадки. Передающая камера расположена в корпусе перронных часов.

Электронные вычислительные машины. Замечательные свойства электронных вычислительных машин выявились не более 10 лет назад. За это время наметилось несколько основных направлений развития этих машин. Одни из них служат для научных исследований и сложных расчетов в различных областях науки (аэродинамика, баллистика, кристаллография, электронная оптика, астрономия, математика, метеорология, атомная энергетика, космонавтика, автоматика) и дают возможность решать такие научные и технические задачи, которые не решались в течение многих лет лишь потому, что эти вычисления иногда требовали целой жизни одного человека.

Второе направление — управление при помощи электронных машин процессами («управляющие машины»). Такие машины регулируют технологический процесс или командуют действиями какого-нибудь сложного агрегата, учитывая непрерывно меняющиеся условия, что повышает точность ведения процесса, увеличивает выход полезного продукта и улучшает его качество. Третье направление применения электронных машин — экономический анализ в отдельных отраслях народного хозяйства, определение необходимых затрат сырья, топлива, металла, труда. Это направление наиболее перспективно, разумеется, при плановой системе народного хозяйства.

Широкое внедрение в работу вычислительных и конструкторских бюро, проектирующих и планирующих организаций и в научные исследования методов машинной математики даст колоссальный экономический эффект.

В строительстве, машиностроении зачастую проектная прочность превышала необходимую в 5—10 раз. Этот излишек в расходе материалов, времени и рабочей силы называют «коэффициентом незнания». Пользование им вызывается тем, что свойства материалов точно не-



Электронная машина МАРС-200Р.

известны, что расчеты прочности основаны на приближенных представлениях, что точный расчет требует слишком много времени. Применение вычислительных машин в этих случаях исключает «коэффициент незнания», позволяет выбрать наиболее правильную форму конструкций, материал для них, устранить возможные опасные перенапряжения в отдельных узлах, сэкономив материал и повысив общую надежность машины или здания.

Электронные вычислительные машины делятся на два типа: цифровые и машины непрерывного действия, называемые также аналоговыми или моделирующими.

Цифровые машины дают большую точность вычислений, но работают сравнительно медленно. Значительно быстрее их машины непрерывного действия (аналоговые). В таких машинах математические величины воспроизводятся в виде непрерывных значений каких-либо физических величин, например отрезками времени (на линейке), углами поворота, напряжением электрического тока, магнитным потоком. Точность такого моделирования и получаемого решения задачи меньше (она примерно равна 0,1%), но зато и ответ получается почти мгновенно, что зачастую в инженерных расчетах важнее большой точности.

Совершенствование электронных машин определяется уровнем развития электроники, в частности электронных ламп и полупроводниковых приборов, их малыми габаритами, созданием компактных и емких блоков «памяти» на ферритовых сердечниках.

Основные образцы таких советских машин находятся в павильонах «Наука» и «Машиностроение».

Машина «Урал-2» универсальна по своему назначению. Она может решать широкий класс математических и логических задач со средней скоростью 5—6 тыс. операций в секунду[1]. На этой электронной вычислительной машине, например, составляли оптимальные планы перевозок различных грузов автомобильным транспортом в Москве. План только одних перевозок строительного песка с пристаней Москвы на строительные площадки, разработанный на вычислительной машине, дал около 500 тыс. руб. экономии в год.

Серия электронных машин типа «МАРС» предназначена для автоматического централизованного контроля технологических процессов на промышленных предприятиях. Так, например, машина МАРС-200Р, изготовленная для автоматизации контроля и регулирования температуры и времени вулканизации в производстве различных изделий, обеспечивает контроль и регулирование по 200 точкам замера температуры.

В химической и нефтяной промышленности, металлургии, на железнодорожном транспорте и в других областях техники автоматизация, в частности при помощи электронных машин, дает значительное повышение производительности труда, экономию материалов, энергии.

В цехах Дорогомиловского химического завода имени М. В. Фрунзе в Москве смонтировано около 200 электронных приборов для контроля технологических режимов и качества продукции. Завод синтетического каучука в Ефремове (Тульская обл.) переходит полностью на автоматическое управление цехами.

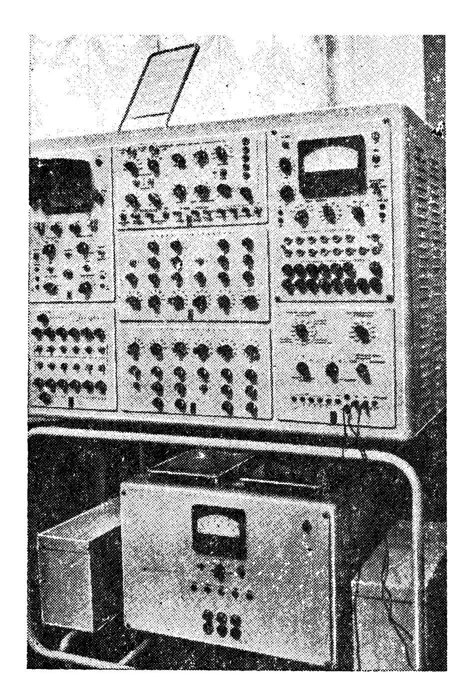
На заводе резиновых изделий «Красный богатырь» одна электронная машина регулирует температуру 48 прессов, на которых изготовляются галоши, резиновые сапоги. На заводе имени Владимира Ильича полностью автоматизировано производство пластмассовых изделий: электронные приборы следят за температурой пресс-форм, а в механосборочном цехе они управляют работой сушильно-пропиточных агрегатов, заменив тяжелый труд многих рабочих.

В одном из залов павильона «Радиоэлектроника и связь» стоит небольшой пульт, непривлекающий на первый взгляд особого внимания. Однако, прочитав его этикетку, многие посетители останавливаются с явно выраженным интересом. Надпись гласит: «Вычислительный прибор для определения режимов резания». Он выполняет сложные расчеты режима работы токарных, фрезерных и сверлильных станков, учитывая возможности, состояние режущего инструмента и другие условия.

Подобные станки, работающие по заданной программе, имеются на многих наших металлообрабатывающих заводах. Вместо чертежа детали составляется таблица ее размеров, которая затем при помощи перфоратора записывается в виде отверстий на ленте или в виде электрических сигналов на магнитной ленте. Станки с программным управлением сокращают общее время обработки деталей на 40—50% за счет уменьшения времени переналадки, изготовления новых шаблонов, копиров и других приспособлений.

Программное управление технологическим оборудованием позволит осуществить с большой точностью автоматическую обработку деталей сложной формы, снижая при этом время, расходуемое на подготовку производства, автоматизируя тяжелые и трудо-

[1] БЭСМ-2 (быстродействующая электронная счетная машина 2-й конструкции) выполняет до 10 тыс. математических действий в секунду.



Электронная моделирующая установка синтезатор электрокардиаграмм для исследования сердечных заболеваний.

емкие процессы ручной обработки и доводки таких деталей. Бóльшая скорость работы управляющей машины по сравнению с работой станка позволяет присоединять к одной машине до 50 станков.

Вычислительная машина может вести ежедневное и еженедельное планирование работы механического цеха. Она будет составлять текущую отчетность о состоянии производства, вычислять оптимальные складские запасы на основе внутризаводских данных и анализа плана заказов.

Электронные вычислительные машины нашли применение и для перевода текстов с одного языка на другой. Ведутся разработки «читающих» машин, которые сразу записывают перевод, заменяя переводчиков на конференциях и различных совещаниях; машин, читающих слепым вслух печатный текст и выполняющих устные приказания человека; устройств, которые преобразуют и сокращают передаваемый текст или разговор для увеличения пропускной способности телефонных и телеграфных линий и восстанавливают содержание передачи на другом конце; машин, отбирающих в библиотеках каталожные карточки на тему, интересующую читателя, и т. д.

Для расшифровки разрушенных временем пергаментов, найденных на берегу Мертвого моря в Иордании, сортировки обрывков их, археологи использовали вычислительную машину. Тексты записи и обрывки их вводились в кодированном виде в машину. Она анализировала слова, предшествовавшие разрушенным участкам записей (пробелам), и вычисляла число букв, которое могло быть написано на этих участках. Различные комбинации слов, возможные на этих участках, машина подвергала проверке и отбирала те сочегания их, которые логически были связаны с предшествующими и последующими записями. Для проверки правильности такой расшифровки в машину закладывались уже расшифрованные участки записей с умышленно сделанными пропусками. Таким образом, было установлено, что при помощи машины можно правильно восстанавливать пробелы до пяти слов.

Машина «Погода» обрабатывает метеосводки и составляет прогноз погоды. Повышение точности этих предсказаний, замеченное вероятно, читателем, связано с тем, что машина быстро решает множество задач, составленных на основании данных о состоянии погоды во многих пунктах СССР.

В павильоне «Здравоохранение и медицинская промышленность» посетитель выставки увидит электронную машину, которая по отдельным признакам болезни с учетом и таких второстепенных деталей, которым врач иногда не придает большого значения, мгновенно составляет точный диагноз. Конструируется машина, предвычисляющая приближение очередных эпидемий, например гриппа, что очень важно для своевременной подготовки и борьбы с подобными эпидемическими вспышками.

На очереди проектирование вычислительных машин для научно-исследовательских медицинских и биологических институтов, крупных больниц, клиник, машин для медицинских и биологических факультетов вузов.

Зайдем в павильон «Здравоохранение и медицинская промышленность». Здесь много радиоэлектронной аппаратуры: четырехканальный электроэнцефалограф для регистрации биотоков головного мозга, электротонограф для измерения артериального давления, ультразвуковые диагностические аппараты для исследования мягких тканей и другие приборы, в которых работают электронные реле, электронные термометры, магнетроны, различные датчики, коротковолновые и УВЧ генераторы. Это свидетельствует о том, что радиоэлектроника начинает занимать прочные позиции в медицине. Но это еще только начало той технической революции, которую призвана произвести радиоэлектроника на фронте лечения и охраны здоровья советских людей.

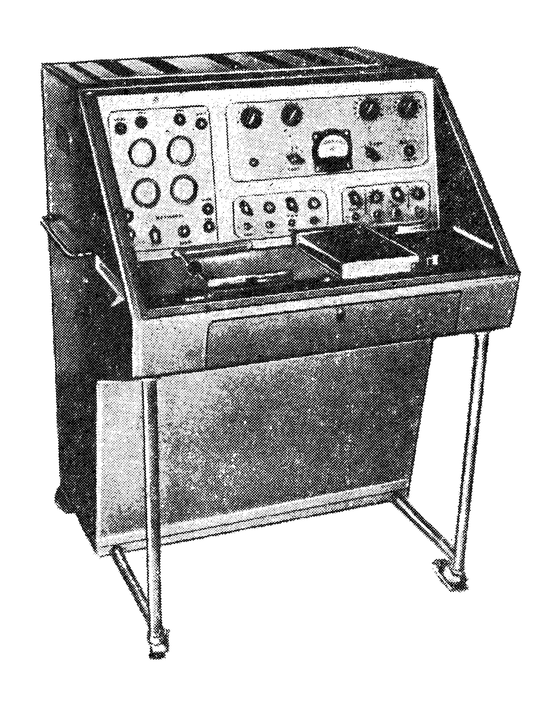
Электро- и радиосвязь СССР. Важнейшая задача техники связи настоящего времени — дальнейшее повышение надежности и пропускной способности каналов телеграфной, телефонной и фототелеграфной связи, создание новых линий, развитие автоматизированного абонентского телеграфа.

Фототелеграфная связь в нашем многонациональном социалистическом государстве позволяет ускорить переговоры и обмен документами на национальных языках, не прибегая к переводу. В павильоне демонстрируются новые типы фототелеграфных аппаратов. Один аппарат служит для передачи и приема неподвижных изображений: оригинал воспроизводится на обычной писчей бумаге при помощи красящей ленты, что устраняет задержку, связанную с проявлением изображения при прежнем фотоспособе. Другой аппарат применяется для внутрипроизводственной и учрежденческой (абонентской) связи. Принимаемые изображения воспроизводятся химическим путем на рулонной бумаге. Передатчик может обслуживать до 10 приемников одновременно.

Наибольший интерес посетителей вызывает радиостанция «Маяк». Это — копия станции, которая работала на третьем искусственном спутнике Земли. По ее сигналам уточнялась траектория движения спутника, велись исследования свойств ионосферы и особенностей распространения радиоволн. Свыше 80% времени передатчик радиостанции работал от солнечной батареи — ряда секций кремниевых фотоэлементов, преобразующих свет Солнца в электрическую энергию с большим к. п. д. При затемнении Солнца ток для питания передатчика поступал от электрохимических источников.

Выставлен образец радиостанции, пригодной для обслуживания строительных участков, научно-исследовательских и геологических экспедиций, пожарной охраны, милиции и т. п. Демонстрируемая автомобильная ультракоротковолновая станция применяется на городском транспорте, в машинах скорой помощи, в милицейских и пожарных машинах. Показана портативная переносная станция, смонтированная в ручке обычного телефонного аппарата. Антенна этой станции и комплект батарей к ней расположены в футляре, носимом на ремне через плечо. Штыревая антенна обеспечивает связь на расстояние до 7 *км*.

А вот и ультракоротковолновая радиостанция «ЖР-5» с частотной модуляцией, предназначенная для организации поездной и станционной радиосвязи.



4ЭЭГ-1 — четырехканальный электроэнцефалограф для регистрации биотоков головного мозга.

Передатчик «ЖР-5» при мощности 6 *вт* обеспечивает связь на 25 *км*.

Внедрение этой радиостанции на транспорте создает бо́льшую безопасность движения и увеличивает оборачиваемость подвижного состава.

В этом же зале демонстрируется ряд экспонатов, показывающих новую технику в области радиофикации СССР.

Здесь демонстрируется макет системы трехпрограммного вещания. Внедрение этой системы позволит наиболее простыми и дешевыми средствами передавать по существующей сейчас радиотрансляционной сети три высококачественные программы. Абоненты же будут выбирать по своему усмотрению одну из трех программ. В национальных республиках и автономных областях эта система даст возможность вести передачи по радиотрансляционной сети на местном и русском языках одновременно.

* *
*

Экспонировать все достижения современной радиоэлектроники при ограниченной площади и весьма разнообразных интересах посетителей — чрезвычайно трудная задача. Самые смелые научные открытия, вчера еще казавшиеся отвлеченной, чисто теоретической проблемой (если не сказать прямо — фанта-

зией), с удивительной быстротой приобретают реальные очертания, становятся конкретными и зримыми предвестниками грядущего. Это особенно характерно в области радиоэлектроники. Недаром ее достижения удивляют весь мир.

На XXII съезде КПСС с особой силой подчеркивалось, что радиоэлектроника становится одной из основ технического прогресса.

В программе КПСС говорится, что в течение двацатилетия осуществится в массовом масштабе комплексная автоматизация производства со все большим переходом к цехам и предприятиям-автоматам.

«Ускорится внедрение высокосовершенных систем автоматического управления. Получат широкое применение кибернетика, электронные счетно-решающие и управляющие устройства в производственных процессах промышленности, строительной индустрии и транспорта, в научных исследованиях, в плановых и проектно-конструкторских расчетах, в сфере учета и управления».

И можно не сомневаться, что с каждым годом экспонаты радиоэлектронной техники станут заполнять все большее количество павильонов ВДНХ.

В этом тоже будут проявляться черты нашего прекрасного завтра, черты техники коммунизма.

ВАЖНЕЙШАЯ НАУЧНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОСТИ — СОХРАНЕНИЕ МИРА[1]

Акад. А. И. БЕРГ

По-моему, не может быть сомнений в том, что важнейшей научной проблемой современности является проблема сохранения мира.

Можно спорить о том, является ли этот важнейший вопрос научной проблемой. Может быть, это проблема здравого смысла, чувства самосохранения, морали и политики.

Думаю, что все-таки это научная проблема. Наука, открывшая методы освобождения энергии атомного ядра, отвечает за моральные, политические и военные последствия своих достижений. Она обязана найти эффективные средства направления усилий людей на благо всего человечества и парализовать, сделать бессмысленными потуги ничтожного меньшинства ослепленных ненавистью к нам.

Эта задача может быть разрешена только совместными усилиями специалистов естественных и общественных наук. Но она должна быть решена, и именно у нас, в СССР, и в странах народной демократии.

Что же могут сделать естественные науки? Они обязаны поднять уровень наших знаний закономерностей природы и методов их эффективного практического использования на такую высоту, чтобы всегда идти далеко впереди западных любителей угроз и запугивания, так как эти люди верят только в силу.

Достижения науки, поставленные на службу строительства коммунизма в СССР и странах народной демократии, являются для миролюбивых народов притягательной силой огромного значения. С этим фактором нашим недругам приходится также считаться с каждым днем все более и более.

Люди всех континентов и цветов кожи хотят прежде всего жить, быть здоровыми, иметь здоровых детей, быть уверенными в завтрашнем дне, иметь кров, пищу и одежду, распоряжаться своей судьбой и не быть рабами алчных разбойников.

Не потому, что я являюсь специалистом по радиоэлектронике, я считаю эту науку важнейшей среди естественных наук. Тесная связь ее с повседневной практикой очевидна. Действительно, мыслимо ли всобще существование в настоящее время каких бы то ни было областей наук, техники и производства без использования достижений электроники? Конечно, нет. Мы живем в век атомной энергии и подходим к веку ядерной энергии.

Но кто открыл дорогу в эти области? Существует множество различных типов реакторов, но они отличаются друг от друга только методами использования явлений и закономерностей электроники.

Происходит борьба за изучение и освоение космоса. Что открыло путь в космос? Реактивная тяга и управление, причем тяга — это мертвая сила, а электронное и автоматическое управление на расстоянии — интеллект, мозг всей схемы. Это не значит, что тяга менее важна, чем управление, но мощность двигателей направляется на достижение поставленной цели электронным мозгом.

Где лежит путь прогресса в здравоохранении? Конечно, это путь совершенствования методов и средств, сбора и хранения, анализа и синтеза информации, собираемой средствами электроники в живом организме. Старые, грубые, примитивные способы отмирают; они неизбежно будут заменены более совершенными электронными методами. В это не все биологи и медики верят. Тем хуже для тех,

[1] «Техника молодежи», 1961, № 1.

кто не верит. Те, кто не только верит, но и знает, не потерпят консерватизма, и полная победа прогрессивных методов в этой области — лишь вопрос времени. Тогда мы будем располагать знаниями для обеспечения профилактики, гигиены и безопасности труда, раннего диагноза тяжелых заболеваний, допускающего излечение. Мы будем считать болезни исключением, а не неизбежным правилом и бедствием. Электроника открывает и новые методы лечения. Что может быть важнее для человечества? Важнейшими показателями целесообразности деятельности людей для удовлетворения своих потребностей являются показатели экономической эффективности. Социалистическое и, тем более, коммунистическое общество располагает всеми предпосылками для научного обоснования экономической политики.

Естественные науки и в первую очередь электроника призваны обеспечить социалистическое общество наиболее совершенной техникой для сбора, хранения и переработки информации о деятельности промышленности и сельского хозяйства с целью выбора (вернее, выработки) оптимальных планов развития всех отраслей народного хозяйства, наиболее эффективных методов управления трудом.

Вычислительные, информационные и управляющие электронные машины различных типов призваны совершить настоящую революцию в деле управления социалистическим народным хозяйством. В этом им помогут математики, статистики, инженеры и экономисты. Темпы роста социалистической экономики во многом зависят от умения использовать для этих целей достижения электроники. Критерием прогрессивности технологии постепенно становится степень применения средств электронной автоматики для управления производственными процессами. В этих областях наша страна вырвалась далеко вперед по сравнению с капиталистическими странами.

Это совершенно не означает, что электронные машины всюду заменят человека и будут везде думать и решать за него. Машины не заменят человека, но помогут ему лучше решать наиболее трудные и важные задачи, решать их скорее, точнее и целесообразнее, с более высокой экономической эффективностью. Пытаться это оспаривать — бесполезная трата времени. Теперь это должно быть азбукой для всех.

В нашей стране такие факты поняты и признаны и из них выводятся необходимые следствия: наша радиоэлектронная промышленность выросла за последние 15 лет в 40 раз, в то время, как многие весьма важные отрасли промышленности выросли в 5, 10, 15 раз. Но это только начало. В ближайшие 20 лет произойдут такие принципиальные перемены во всех областях деятельности человека, опирающегося на быстро развивающуюся электронику, которые точно предвидеть невозможно. Особое значение это имеет в связи с задачами, стоящими перед бурно развивающимися промышленностью, сельским хозяйством, биологией.

Мне кажется наиболее важным, что откроется возможность во много раз повысить эффективность научной, производственной и хозяйственной деятельности людей путем лучшей организации их труда и управления им.

Достижения стран социалистического лагеря, наши успехи в строительстве коммунистического общества, в развитии промышленности, сельского хозяйства со всей ясностью говорят нам о том, что мир будущего будет миром коммунизма. К этому направлены усилия не только наших ученых, но и всех трудящихся, всего нашего народа, руководимого Коммунистической партией.

ЛИТЕРАТУРА

В этом рекомендательном списке мы попытались дать нашим читателям более или менее полный перечень наиболее известных научно-популярных книг послевоенного периода о достижениях и применении радиоэлектроники или ее отдельных отраслей.

С. А. Бажанов, Что такое радиолокация, Воениздат, 1948.

Книга безвременно погибшего на боевом посту талантливого популяризатора, инженера-капитана Степана Александровича Бажанова в доходчивой форме сообщает читателю самые первоначальные сведения о радиолокационной технике и ее применении.

В книге популярно изложены принципы радиолокации и дано описание важнейших элементов радиолокационных станций.

Ф. Честнов, Радио сегодня, Воениздат, 1950.

Популярные очерки о достижениях радиотехники и ее применении. Рассказывается о радиосвязи, радиовещании, радионавигации, радиолокации, телевидении и радиотелемеханике.

Г. И. Бабат, Электричество работает, Госэнергоиздат, 1950.

Один из выдающихся и оригинальных популяризаторов в области электротехники и радиоэлектроники, профессор Георгий Ильич Бабат оставил довольно большое литературное наследство. Среди ряда его книг и брошюр данная книга является одной из первых, где в популярной форме изложены важнейшие вопросы современной электротехники и основы связи по проводам и без проводов.

Б. Ляпунов, Борьба за скорость», Изд. «Молодая гвардия», 1952.

Книга посвящена обзору достижений советских ученых, инженеров и новаторов производства в борьбе за скорости в технике. В ней имеется раздел «Покоренный электрон», в котором рассказывается о роли электроники в борьбе за скорость, о машинах, работающих со сверхвысокими скоростями, о достижениях радиотехники, радиолокации, телевидения, телемеханики и электронной микроскопии.

М. Ивановский. Покоренный электрон, Изд. «Молодая гвардия», 1952.

Весьма популярная книга об истории, достижениях электроники и роли отечественной науки в ее развитии.

Ф. Честнов, В мире радио, Воениздат, 1954.

Книга в популярной форме знакомит с новейшими достижениями радиотехники, радионавигацией, радиолокацией, телевидением, радиотелемеханикой и выдающимися советскими радиотехниками.

А. И. Берг, Современная радиоэлектроника и перспективы ее развития (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1955.

Очерк современного состояния и перспектив развития основных областей радиоэлектроники.

Радиотехника и электроника и их техническое применение, под ред. акад. А. И. Берга и проф. И. С. Джигита (Научно-популярная серия), Изд. АН СССР, 1956.

Сборник статей, в которых сначала рассматриваются радиотехника и электроника как отрасли техники, затем говорится о применении радиоэлектроники в радиосвязи, радиовещании, радиолокации и радионавигации и в заключение — о применении методов радиоэлектроники в науке, технике и в производстве.

Г. А. Зисман, Работающие электроны, Воениздат, 1956.

Книга знакомит читателя с физическими явлениями, происходящими в электронных и полупроводниковых приборах и машинах и применением этих приборов в радиолокации, телевидении и с тем, как они позволяют видеть в полной темноте.

Г. И. Бабат, Токи высокой частоты, Изд. «Знание», 1956.

В брошюре, излагающей содержание лекции автора в лектории Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний, рассматривается применение токов высокой частоты в промышленности и для научных исследований.

Г. И. Бабат, Ускорители, Изд. «Молодая гвардия», 1957.

Популярный и увлекательный рассказ об ускорителях заряженных частиц — важнейшем инструменте для исследования атомного ядра. В ускорителях нет сверхвысоких электрических напряжений. В вакуумных камерах этих ускорителей действуют электромагнитные вихри и высокочастотные электромагнитные поля. В книжке рассказывается о принципах ускорения частиц, о различных типах ускорителей и об устройстве самой большой установки — синхрофазотрона.

Н. А. Архангельский и Б. И. Зайцев, Автоматические цифровые машины, Физматиздат, 1958.

Рассчитанная на школьников старших классов и широкие круги интеллигенции, брошюра в доступной форме знакомит читателя с новой, быстро развивающейся вычислительной техникой, ее перспективами и значением для развития автоматизации и управления рабочими процессами. Описывается в общих чертах работа электронных вычислительных машин и дается понятие о программировании.

М. Васильев и С. Гущев, Репортаж из XXI в., Изд. «Советская Россия», 1958.

Рассказы 29 советских ученых о науке и технике будущего, записанные двумя журналистами — сотрудниками «Комсомольской правды».

В главе «Век радио» помещены беседы с акад. В. А. Котельниковым о развитии радиотехники во второй половине нашего века, с акад. С. А. Лебедевым о будущем вычислительной техники, с проф. Г. И. Бабатом о ВЧ транспорте и искусственном солнце и чл.-корр. АН СССР В. Л. Гинзбургом о радиоастрономии и радиозрении.

Ю. С. Денисов, Радиотехника в артиллерийской метеорологии, Воениздат, 1958.

В брошюре рассказывается о роли радиотехники в современной метеорологии: радиопеленгация и радиолокация на службе метеорологии, радиозонды и т. п.

А. И. Китов, Электронные вычислительные машины, Изд. «Знание», 1958.

Значение, устройство и применение электронных вычислительных машин.

А. Г. Кондратьев, Использование телевидения в народном хозяйстве, Общество по распространению политических и научных знаний, Ленинградское отделение. 1958.

В брошюре рассматриваются некоторые области применения и примеры построения промышленных систем телевидения, а также ближайшие задачи и проблемы промышленного телевидения.

Л. П. Крайзмер, Техническая кибернетика (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1958.

Изложение основных идей кибернетики как науки об общих принципах управления, сведений из теории информации, автоматического регулирования и об электронных вычислительных машинах. Практические применения кибернетики.

А. М. Кугушев, Современная радиоэлектроника (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1958.

Очерк современного состояния и последних достижений радиоэлектроники. Рассказывается о прогрессе радиоэлектроники в области УКВ, вакуумных и твердых электронных приборах, достижениях радиосвязи, телевидения, радиолокации, радионавигации и радиоспектроскопии. Значительное внимание уделено успехам радиоэлектроники в атомной технике и в промышленности, в области электронной автоматики и вычислительных машин.

А. Плонский, Как человек приручил волну, Изд. «Советская Россия», 1958.

Рассказ об удивительных открытиях: о том, как человек приручил волну, о новом Алладине и его лампе, о том, как подслушали разговор звезд, о 100 профессиях «мыслящей» машины и о многом другом.

Вторая часть книги — «Радиоэлектроника всюду» — на протяжении 125 стр. представляет собой обзор различных применений радиоэлектроники: об ускорителях заряженных частиц, электронных автоматах, электронных вычислительных машинах, высокочастотном транспорте, радиомаяках и радионавигации, радиоастрономии, электронной оптике, радиоспектроскопии, ультразвуке, звукозаписи, электромузыкальных инструментах, высокочастотной закалке, роли электроники в медицине и радиоэлектроники в завоевании космоса.

И. А. Полетаев, Сигнал (О некоторых понятиях кибернетики), Изд. «Советское радио», 1958.

В книге разобраны понятия сигнала, информации, количества информации, обсуждается роль случайных событий при искажениях сигналов. Кратко рассматриваются процессы передачи сигнала в технических каналах связи и в нервной системе, работа систем с обратной связью, устройство и работа счетных машин при решении математических и логических задач. Обсуждаются вопросы работы простых и сложных автоматов, а также черты работы нервной системы, позволяющие сделать заключение о сигнальном характере процессов в нервной системе... В заключение обсуждаются при-

ципиальные отличия автоматов от живых существ и перспективы развития техники сложных автоматов.

Книга рассчитана на широкий круг читателей. Разделы, требующие специальных знаний математики, выделены и могут быть опущены без большого ущерба для понимания остального материала.

В. Соколов и С. Синицин, Ультразвук в промышленности, Изд. «Московский рабочий», 1958.

В природе существуют звуки, которые человеческие уши не воспринимают, подобно тому как наши глаза не могут видеть рентгеновы лучи. Эти неслышные звуки называются ультразвуками. Сравнительно недавно к природным ультразвукам прибавили «искусственные», создаваемые человеком. О том, что представляют собой эти звуки, как создаются и для чего используются, рассказано в этой книге.

Л. В. Кубаркин, Невидимые разведчики (Радиолокация) Изд. «Знание», 1959. Политехническая библиотека для молодежи.

В брошюре излагаются общие принципы радиолокации, рассматривается устройство радиолокационной станции и рассказывается о различных применениях радиолокации: радиовысотомеры, радиолокация и метеорология, космическая радиолокация, гидролокация и др.

М. Е. Жаботинский и И. Л. Радунская, Радио наших дней (Научно-популярная серия), Изд. АН СССР, 1959.

В книге только во введении изложены необходимые физические основы радиотехники. Остальные восемь глав посвящены телевидению, радиолокации, радиоастрономии, радиоспектроскопии, электронным математическим машинам, полупроводниковым приборам и использованию радио в промышленности и народном хозяйстве.

Н. Кобринский и В. Пекелис, Быстрее мысли, Изд. «Молодая гвардия», 1959.

Эта большая (389 стр.), хорошо иллюстрированная книга состоит из трех частей: «Математика и жизнь» (о вычислительной математике и ее истории), «Машина считает» (о вычислительной технике) и «Машина думает» (о кибернетике). Она не имеет ни одной формулы и написана, как увлекательный рассказ об удивительных машинах и новой науке, возможности которой трудно ограничить.

С. Д. Курляндский, Радиолокация и ее военное применение, Изд. ДОСААФ, 1959.

В брошюре рассматриваются принципы радиолокации, основные блоки радиолокационной станции, применение радиолокации в военном деле, метеорологии и навигации, а также борьба с радиолокацией.

К. Н. Трофимов, Дело гигантски важное, Изд. «Советское радио», 1959.

Книга посвящена применению радиолокации в мирных целях. Первая часть книги знакомит с основами радиотехники и устройством радиолокационной станции. Во второй части, на основе достижений отечественной и зарубежной техники, описываются возможности применения радиолокации в различных областях народного хозяйства.

Ю. И. Соколовский, Кибернетика настоящего и будущего, Харьковское книжное издательство, 1959.

«О разумных машинах», искусственных органах чувств, автоматическом переводе книг, математической логике и физиологии нервной деятельности.

Книга рассчитана на широкие круги читателей.

Я. М. Сорин, Радиоэлектроника в технике, Трудрезервиздат, 1959.

Описываются работа различных электронных приборов и устройств, их применение в технике связи, телевидении, радиолокации, в промышленности, на транспорте, в геологии, астрономии, метеорологии, биологии, медицине, а также в вычислительных электронных машинах.

Рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся вопросами применения радиоэлектроники в технике.

Л. Теплов, Очерки о кибернетике, Изд. «Московский рабочий», 1959.

Наглядно иллюстрированная книга, рассчитанная на широкие круги читателей, которые найдут в ней сведения из теории сигналов, теории вероятностей, биологии, физиологии нервной системы, психологии, теории автоматического регулирования, теории автоматических машин и других областей знания. Все эти науки — не кибернетика, и автор не ставил перед собой задачу дать изложение знании, накопленных им. Но то, что объединяет на страницах книги самые разнообразные вещи — от ничтожных зародышей жизни до структуры мозга и от скромного дверного замка до электронных математических машин, — это и есть кибернетика — молодая, сложная и увлекательная наука.

И. Артемьев, Будни радиолокации, Изд. Детской литературы, Мин. просвещения РСФСР, Школьная библиотека, 1960.

Можно ли темной ночью, или в тумане увидеть на большом расстоянии предмет? Это помогает людям, находящимся на Земле, следить за стратосферными полетами, — выводить космические ракеты и наблюдать за облаками и тучами. Все это дает радиолокация. Об этой отрасли радиотехники, о том как она родилась и развивалась, о физических основах радиолокации, ее применении и о том какое будущее ждет ее, узнаете Вы, прочитав эту книгу.

А. И. Берг (редактор), Электроника в медицине, Госэнергоиздат, 1960.

Сборник переработанных для печати докладов, прочитанных на конференции по применению электроники в медицине и биологии.

В первых докладах и вступительном слове А. И. Берга читатель найдет интересный обобщающий материал о применении радиоэлектроники в медицине и биологии и радиоэлектронной аппаратуре, разработанной для профилактики заболеваний, диагностики, лечения и лабораторных медицинских исследований.

Н. В. Габис, Подводное телевидение, Воениздат, 1960.

Рассчитанная на широкий круг читателей, брошюра знакомит с современным состоянием подводного телевидения, его возможностями и областями применения. Рассмотрены конструктивные особенности подводных телевизионных установок, а также затронуты некоторые вопросы, связанные с подводным телевидением, так же как особенности распространения света в воде, подводное освещение, использование оптики, цветного и стереоскопического телевидения.

К. А. Гладков, Телевидение и его применение, Воениздат (Научно-популярная библиотека), 1960.

В книге рассказано, что такое телевидение, и о некоторых возможностях и перспективах его применения.

М. Н. Гончаренко, Кибернетика в военном деле, Изд. ДОСААФ, 1960.

В книге кратко излагаются основные принципы действия кибернетических машин и устройств, даются понятия об автоматическом управлении и теории информации. На примерах иностранных армий рассказывается о применении кибернетических машин и устройств различными родами войск.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

К. М. Листов и К. Н. Трофимов, Радио, радиолокационная техника и их применение, Воениздат (Библиотека офицера), 1960.

Первая часть книги содержит краткие сведения из радиотехники, а также принципы устройства и работы

радиоаппаратуры. Вторая часть знакомит с историей развития радиолокации в нашей стране, с физическими основами радиолокации и ее применением в военном деле.

Рассчитана на общевойскового офицера со средним образованием.

В. И. Сифоров, Радиоэлектроника в исследованиях космоса, Изд. «Знание», 1960.

В брошюре рассказано об использовании сложных радиоэлектронных устройств в современных исследованиях космического пространства. Автор знакомит с новейшими достижениями советской радиоэлектроники, особенно подробно освещая те области, которые во многом содействовали развитию космических исследований.

И. Тихонов, Радиоэлектроника и ее военное применение, Изд. ДОСААФ, 1960.

Брошюра знакомит читателя с общими понятиями об устройстве и назначении радиоэлектронной аппаратуры, характеризует возможности и области применения радиоэлектронных устройств в военном деле.

А. И. Зиньковский, Радиотехника и космические полеты (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

В доступной широкому кругу читателей форме в брошюре излагаются краткие сведения о космосе и освещены основные проблемы космической радиосвязи (выбор длины волны, создание антенных, передающих и приемных устройств).

Приводятся данные о современном состоянии и путях дальнейшего развития космической радиосвязи.

Г. Б. Богатов, Как было получено изображение обратной стороны Луны (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1960.

В брошюре, рассчитанной на широкие круги радиолюбителей, рассказывается о роли радиоэлектроники в завоевании Космоса, о том, как была сфотографирована Луна с борта межпланетной автоматической станции, как эта фотография Луны была преобразована в электрические сигналы, и о тех задачах, которые решили советские ученые и инженеры при передаче и приеме этих сигналов.

В. А. Батраков и В. И. Богатырев, Электронные вычислительные машины для решения информационно-логических задач (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1961.

Рассматриваются назначение и основные особенности информационно-логических электронных вычислительных машин.

А. И. Берг (редактор), Кибернетику на службу коммунизму, Госэнергоиздат, 1961.

Сборник статей советских специалистов по вопросам применения современной техники управления (кибернетики) в основных областях науки, техники, промышленности, а также в биологии, медицине, лингвистике и т. д.

Цель сборника, написанного достаточно популярно,— привлечь внимание широких кругов советских читателей к новой науке.

Статьи

А. И. Берг, Советские спутники и радиоэлектроника, «Радио», 1958, № 1.

Радиоэлектроника и космический полет, «Радио», 1959, № 2.

Н. Дмитриев, Электроника управляемых снарядов, «Радио», 1959, № 3.

В. Миронов, Электроника в тепловой энергетике, «Радио», 1959, № 4.

Г. Зеленкевич и В. Разроев, Электронные вычислительные машины, «Радио», 1959, № 4 и 5.

В. И. Шамшур, В мире радиоэлектроники, «Природа», 1959, № 9.

Ф. Честнов, Живая карта (Применение радиолокации в авиации), «Знание — сила», 1960, № 1.

А. Кольцов, Радио атомов (Молекулярные генераторы), «Знание — сила», 1960, № 2.

Р. Сворень, Стереозвук, «Знание — сила», 1960, № 5.

И. Охотников и Л. Поляков, Видеомагнит, «Знание — сила», 1960, № 5.

Е. Сапарина, Машина ставит диагноз, «Знание — сила», 1960, № 12.

М. Гринбаум, «Первоклассница» — описание электронно-вычислительной машины, позволяющей производить сложение и вычитание в пределах первого десятка, «Радио», 1960, № 5.

С. Веев, Ультразвук, «Радио», 1960, № 5.

Р. Сворень, Медицинская электроника, «Радио», 1960, № 5.

М. Богородский, Электроника открывает тайны океана, «Радио», 1960, № 5.

Р. Чингера, Кибернетика — будущее в настоящем, «Радио», 1960, № 7.

А. И. Берг, Надежность — важнейший фактор прогресса радиоэлектроники, «Радио, 1960, № 7.

М. Артемьев и Ю. Тараканов, В недрах земли, «Радио», 1960, № 8.

А. Прохоров и В. Розенберг, В мире кибернетики, «Радио», 1960, № 11.

Г. Куприянов и А. Фомичев, Машины управляют, считают, «Радио», 1960, № 11.

А. Кугушев, Космическая радиоэлектроника, «Радио», 1960, № 11.

А. Кобринский, Биоэлектрические системы управления, «Радио», 1960, № 11.

Г. Берестовский и И. Корниенко, Биоэлектричество и клетка (Электроника помогает исследовать системы связи в живом организме), «Радио», 1961, № 2.

В. Рогинский, «Радиотелеизмерение, «Радио», 1961, № 2.

Б. Базыкин, В просторах Вселенной, «Радио», 1961, № 5.

Космический корабль «Восток», «Радио», 1961, № 6.

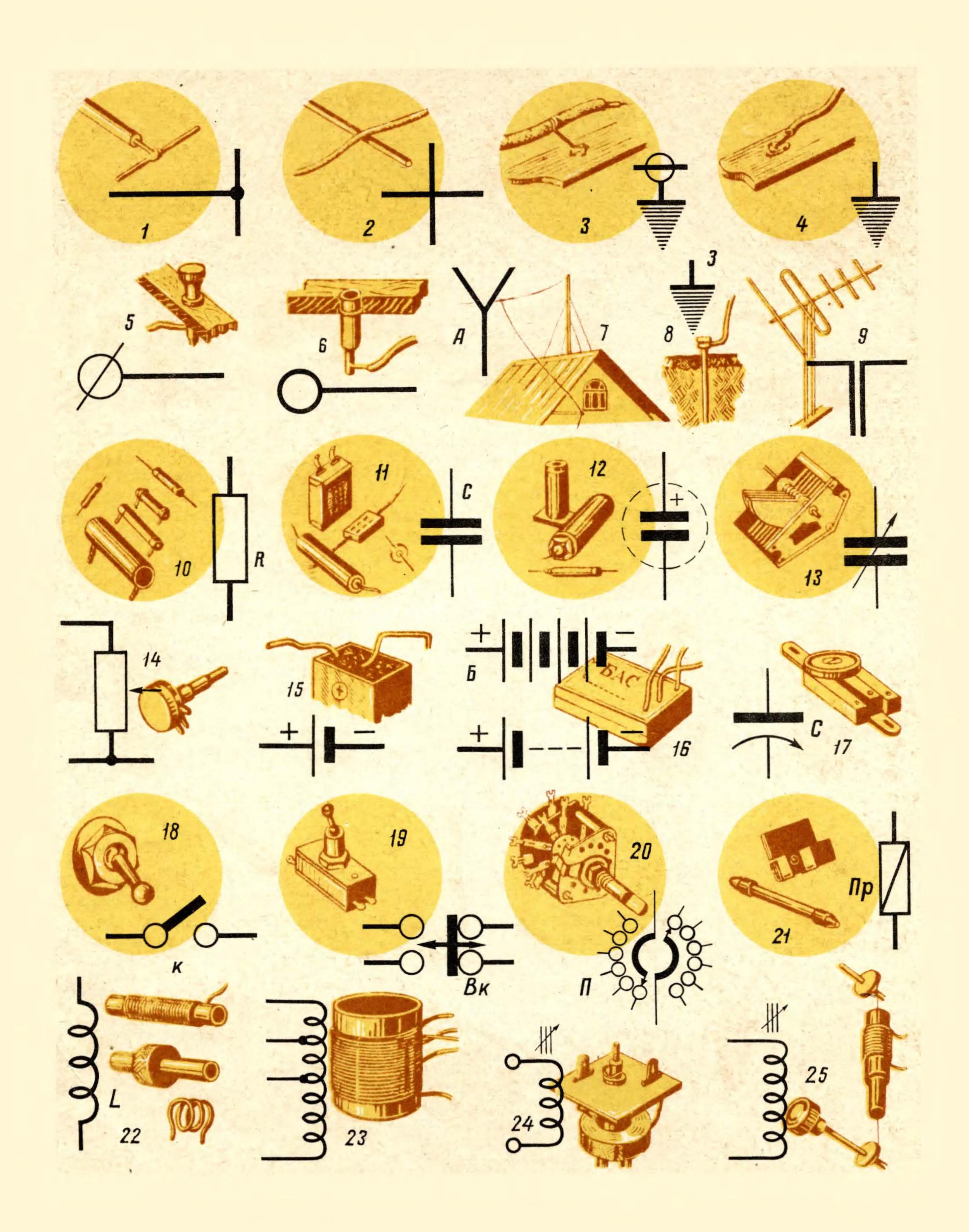
В. Добронравов, Человек штурмует Космос, «Радио», 1961, № 7.

Г. Покровский, Космическая навигация, «Радио», 1961, № 6.

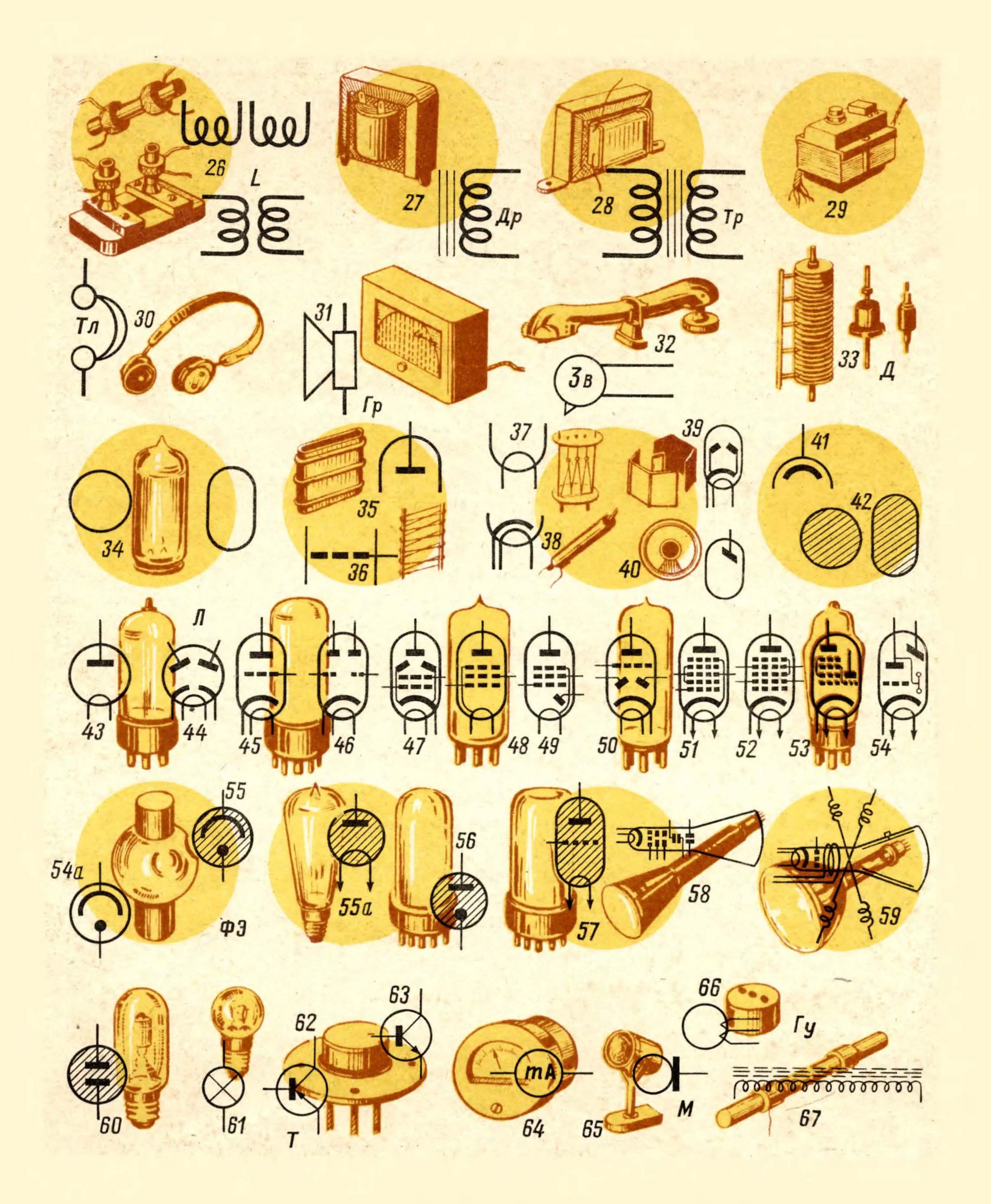


УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМАХ

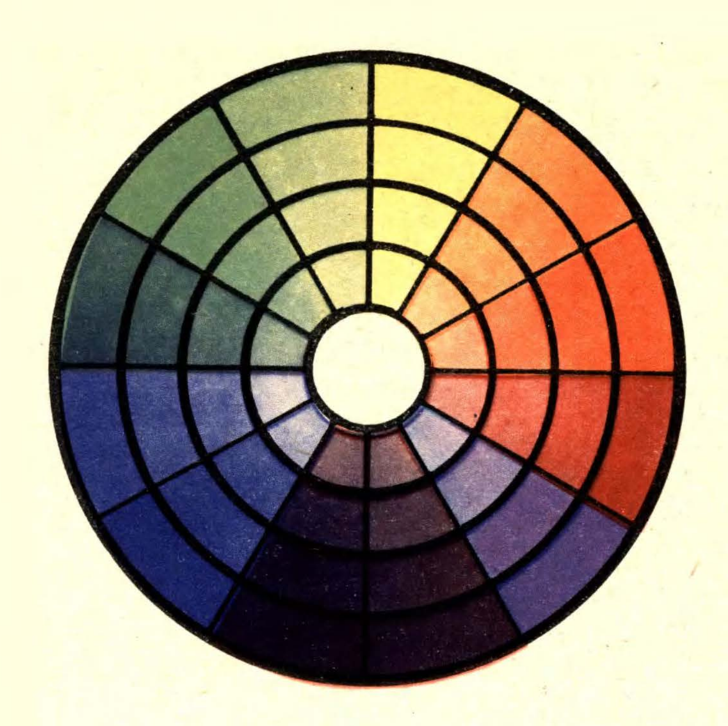
1 — соединение двух проводов (точка обязательна); *2* — отсутствие соединения; *3* — экранированный провод (колечко означает экранировку провода на всем протяжении от одной соединяемой детали до другой); *4* — соединение на общее металлическое шасси; *5* — зажим; *6* — гнездо; *7* — однопроводная антенна; *8* — заземление; *9* — коротковолновая или УКВ антенна с двухпроводным выходом; *10* — активное сопротивление, иногда полное сопротивление (т. е. сочетание активного с реактивным); *11* — конденсатор постоянной емкости; *12* — электролитический конденсатор (простановка полярности выводов обязательна); *13* — конденсатор переменной емкости; *14* — переменное активное сопротивление (потенциометр); *15* — гальванический элемент (вообще химический источник постоянного напряжения); *16* — батарея элементов; *17* — подстроечный конденсатор (регулируемый только в процессе наладки прибора); *18* — выключатель (вообще всякий размыкаемый и замыкаемый контакт), *19* и *20* — переключатели; *21* — плавкий предохранитель (предохранитель вообще); *22* — катушка индуктивности; *23* — катушка индуктивности с отводами; *24* — катушка, индуктивность которой регулируется сердечником из магнитодиэлектрика (например, карбонильного железа); *25* — катушка переменной индуктивности, регулируемой перемещением сердечника из магнитодиэлектрика; *26* — две катушки индуктивности, связанные между собой общим магнитным полем (признаком связи является близкое расположение символов с параллельными осями или осями, размещенными по одной прямой); *27* — дроссель низкой частоты; *28* — трансформатор низкой частоты; *29* — трансформатор с несколькими обмотками (символы первичной и вторичных обмоток располагать по разные стороны символа железного сердечника необязательно); *30* — головные телефоны; *31* — громкоговоритель (любой конструкции); *32* — звукосниматель; *33* — вентиль (любого типа); *34* — баллон вакуумного прибора; *35* — анод; *36* — сетка; *37* — нить накала; *38* — подогревный катод; *39* — лучеобразующие пластины, играющие роль защитной сетки в тетроде; *40* — кратер-экран оптического индикатора настройки; *41* — катод фотоэлемента; *42* — баллон, наполненный газом в газонаполненных приборах; *43* — диод с катодом непосредственного накала; *44* — двойной диод с раздельными катодами косвенного подогрева; *45* — триод с подогревным катодом; *46* — двойной триод с подогревным катодом; *47* — лучевой тетрод с подогревным катодом; *48* — пентод с прямым накалом; *49* — диод-пентод с прямым накалом; *50* — двойной диод-триод с подогревным катодом; *51* и *52* — гептоды; *53* — триод-гексод с подогревным катодом; *54* — оптический индикатор настройки; *54а* — газонаполненный фотоэлемент; *55* — вакуумный фотоэлемент; *55а* — газотрон; *56* — стабилитрон; *57* — тиратрон с прямым накалом катода; *58* — электронно-лучевая трубка со статическим отклонением луча; *59* — электронно-лучевая трубка с магнитным отклонением луча (кинескоп); *60* — неоновая или любая другая газосветная лампа; *61* — лампа накаливания; *62* — транзистор с проводимостью типа *n-p-n*; *63* — транзистор с проводимостью типа *p-n-p*; *64* — измерительный стрелочный прибор (надпись внутри кружка указывает размерность измеряемой величины); *65* — микрофон; *66* — магнитная головка; *67* — магнитная антенна.

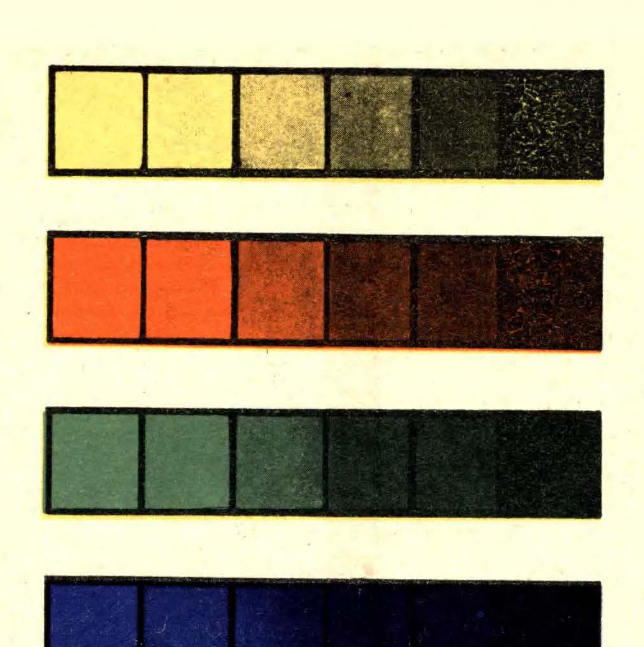


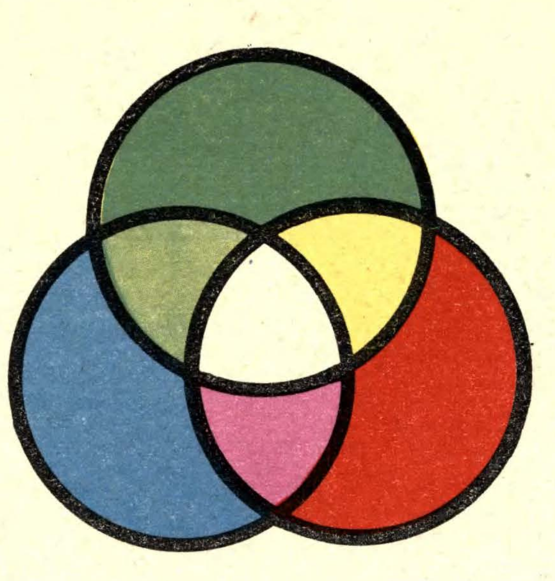
1
2
3
4
5
6
А
7
3
8
9
10
R
11
С
12
+
13
14
15
+
−
+
−
Б
БАС
+
−
16
С
17
18
К
19
Вк
20
П
21
Пр
L
22
23
24
25

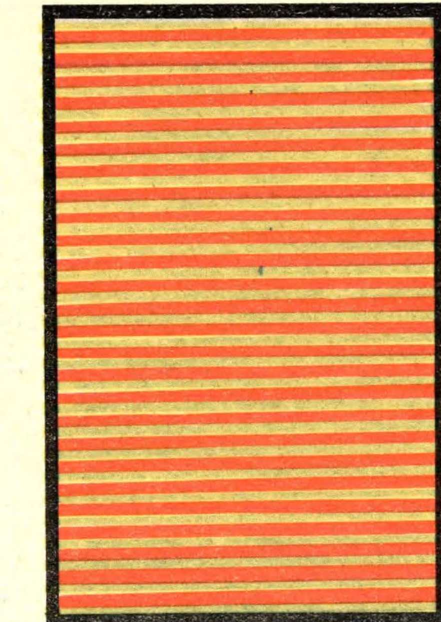


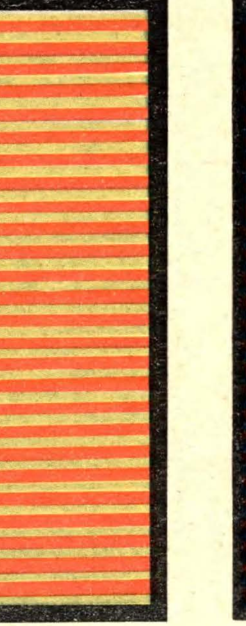
26
L
27
Др
28
Тр
29
Тл
30
31
Гр
32
Зв
33
Д
34
35
36
37
38
39
40
41
42
Л
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
54а
55
ФЭ
55а
56
57
58
59
60
61
62
63
Т
64
mA
65
М
66
Гу
67

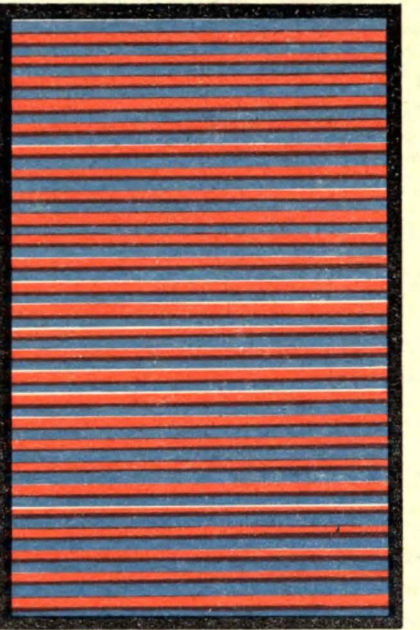














I. ЦВЕТОВОЙ ТОН И НАСЫЩЕННОСТЬ ЦВЕТА

Цвета, расположенные по одной окружности, отличаются цветовым тоном. Чем цвет дальше от центра окружности, тем больше его чистота (насыщенность). Около центрального белого кружка все цвета мало насыщены и их цветовой тон выражен слабо

II. ЯРКОСТЬ ЦВЕТА

Чем больше черного примешать к чистому цвету, тем его яркость будет меньше. Цветовой тон и чистота цвета при этом остаются неизменными, а общий световой поток, отражаемый от образца, уменьшается

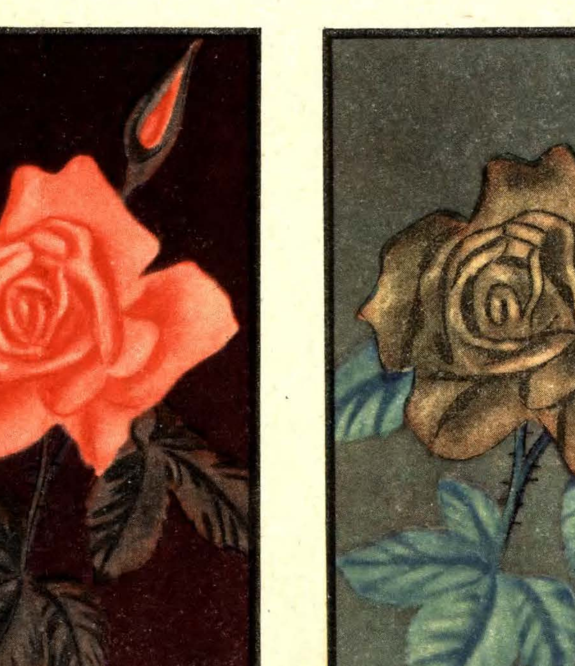
ОДНОВРЕМЕННОЕ СМЕШЕНИЕ ЦВЕТОВ

В тех местах экрана, где световые потоки от проекционных фонарей перекрываются, получается цвет смеси. В центре, где перекрываются все три потока, окрашенные в основные цвета, получается белый цвет

IV. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СМЕШЕНИЕ ЦВЕТОВ

Если на эти рисунки посмотреть с большого расстояния или наклонить их от себя, то они будут казаться окрашенными в цвет, полученный пространственным смешением цветов двух групп полосок













V. ПЕРЕДАВАЕМЫЙ РИСУНОК

VI. ЦВЕТОДЕЛЕННЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ РИСУНКА V

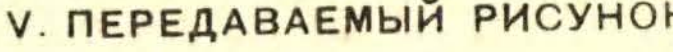
Если эти три цветоделенные изображения (синее, красное и зеленое) спроектировать на белый экран, то наблюдатель увидит снова цветное изображение V. То же самое получится, если проектировать цветоделенные изображения последовательно с большой скоростью

а *б* *в*

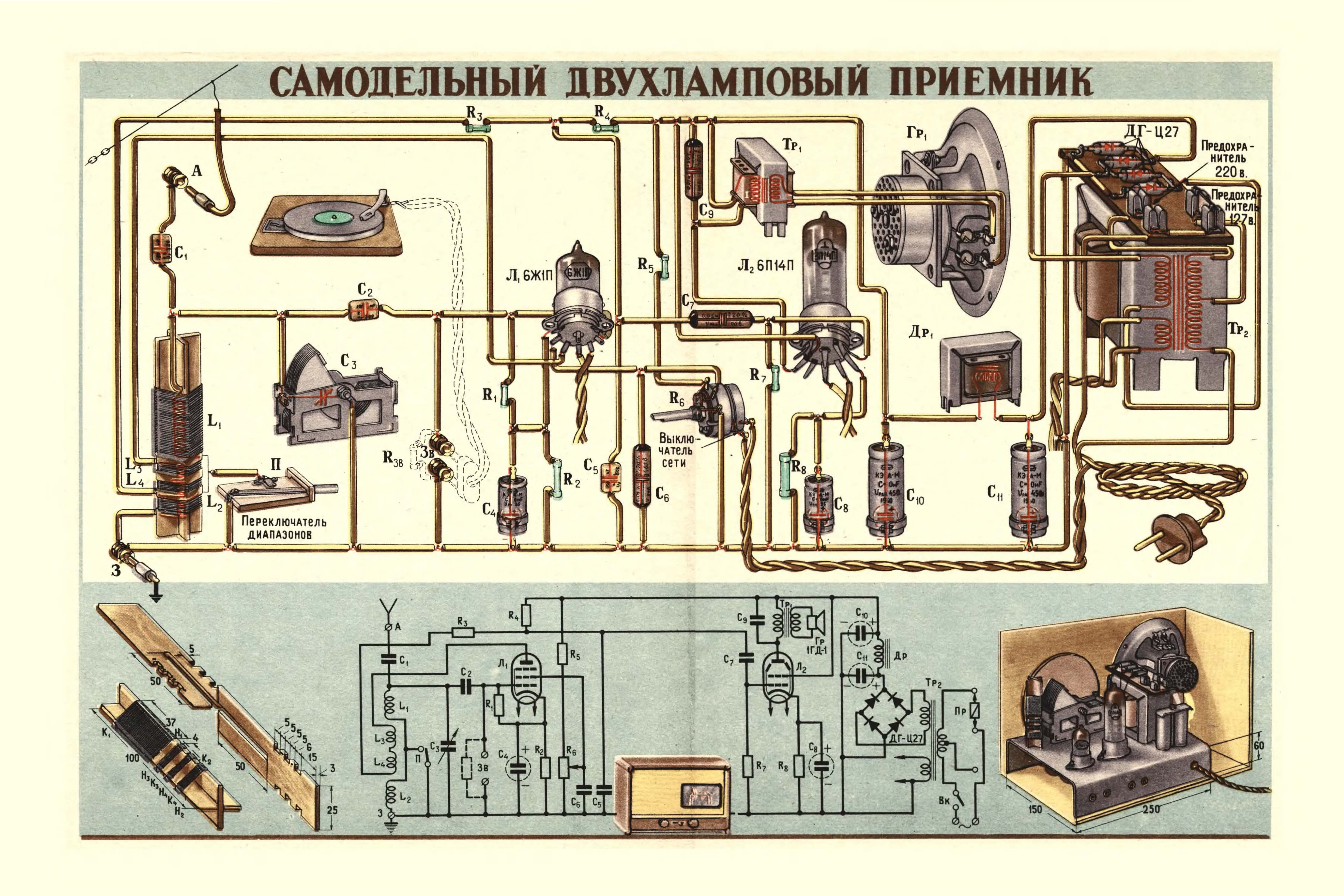
VII. РАЗДЕЛЕНИЕ ЦВЕТОВЫХ И ЯРКОСТНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЦВЕТОВ

а — цветное изображение; *б* — цветность изображения без полутонов и резких границ; *в* — яркостная составляющая изображения.

Если изображение *б* спроектировать на экран через диапозитив с изображением *в*, то получится четкое цветное изображение *а*. То же получится, если на рисунок *б* наложить рисунок *в*, выполненный на прозрачной кальке



САМОДЕЛЬНЫЙ ДВУХЛАМПОВЫЙ ПРИЕМНИК



Цена 2 р. 04 к.


ХРЕСТОМАТИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ